

XXXVI

CONGRESO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO

"Haciendo química en Campeche con los suelos de México"

DEL 21 AL 25 DE NOVIEMBRE DE 2011
SAN FRANCISCO DE CAMPECHE, CAMPECHE

Centro de Convenciones y Exposiciones Campeche XXI

ACTIVIDADES DEL CONGRESO:

- Simposia
- Cursos-Talleres
- Presentaciones orales y en cartel
- Exposición Comercial
- Recorridos de campo
- Eventos culturales
- Recorridos para acompañantes



Fotografía: Zona arqueológica de Edzná

Mayor información:

Dr. Eugenio Carrillo Ávila
campuscampeche@colpos.mx

Dr. Angel Galmiche Tejeda
galmiche@colpos.mx

Páginas del evento:

<http://www.smcs.org.mx>

<http://www.colpos.mx/2010/congreso-de-suelos/xxvi-congreso-de-la-smcs>





**Colegio de Postgraduados Campus Campeche
Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo**



XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo

21 al 25 de Noviembre de 2011
San Francisco de Campeche, Campeche, México.

RESUMENES EN EXTENSO

"Haciendo química en Campeche con los suelos de México"

Dr. Armando Guerrero Peña, Dr. Ángel Galmiche Tejeda, Dr. Eugenio Carrillo Ávila, M.C. Lorena Vázquez Hernández, Lic. Rosa Graciela Santos Argüelles, Dr. Manuel Fortis Hernández y Dr. Enrique Salazar Sosa.

Editores

ISBN: 978-607-00-5107-4



Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. ISBN: 978-607-00-5107-4

Cita: Guerrero-Peña A., Galmiche-Tejeda A., Carrillo-Ávila E., Vázquez-Hernández L., Santos-Argüelles R.G., Fortis-Hernández, M. y Salazar-Sosa, E.(Eds.). 2011. *Haciendo química en Campeche con los suelos de México*" Libro de Resúmenes en extenso del XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, San Francisco de Campeche, Campeche, México. 21 al 25 de Noviembre de 2011. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Montecillo, México. 1126 pp. ISBN: 978-607-00-5107-4

ESTIMADOS CONGRESISTAS

San Francisco de Campeche, ciudad histórica y Patrimonio Cultural de la Humanidad, es la orgullosa sede del XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. El Colegio de Postgraduados Campus Campeche, a diez años de haber sido inaugurado para coadyuvar con el Gobierno Estatal en el desarrollo del sector agropecuario y forestal regional, agradece ser el coordinador del Comité Organizador Local para la realización de tan relevante evento.

La ciencia festeja en este año a una de sus áreas del conocimiento que forma parte de nuestras actividades culturales, técnicas y de investigación: la Química; por ello, hemos plasmado en la leyenda del congreso la importancia que tiene esta disciplina en el quehacer del estudio de los suelos: *"Haciendo Química en Campeche con los suelos de México"*.

Durante este congreso tendremos la oportunidad de recibir congresistas y acompañantes nacionales y extranjeros con un programa que reúne el atractivo científico de más de doscientos treinta trabajos de investigación y transferencia de tecnología sobre el recurso suelo y su interrelación con los sistemas de producción agropecuarios y forestales, el clima y el agua; se incluyen cinco simposios y tres cursos sobre temas específicos relevantes como la agricultura orgánica y la certificación de productos orgánicos, la bioquímica y el análisis químico de suelos, las políticas públicas encaminadas a la conservación de suelo y agua, así como al desarrollo del sector agropecuario y forestal, entre otros temas de actualidad. Seremos testigos de la calidad de los trabajos de más de trescientos niños reunidos en el simposio de innovaciones educativas, quienes nos presentarán sus propuestas para la conservación y aprovechamiento del suelo, darán realce al evento y pondrán la semilla de la nueva generación que cuidará a uno de los recursos naturales más importantes para la alimentación de las nuevas generaciones.

La península reúne cualidades y particularidades como son sus suelos, su clima y su gente, con un sector agrícola que podrá nutrirse con las aportaciones que los congresistas compartirán durante estos cinco días de convivencia, en el marco de una tierra eminentemente rica en cultura y tradiciones.

La Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo y el Comité Organizador Local del XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, les damos la bienvenida.

DR. EUGENIO CARRILLO AVILA

Director del Colegio de Postgraduados Campus Campeche

Presidente del Comité Organizador Local

**AGRADECEMOS LA PARTICIPACIÓN
EN LA ORGANIZACIÓN DEL CONGRESO
DE LAS SIGUIENTES DEPENDENCIAS E INSTITUCIONES:**

**Lic. Fernando Eutimio Ortega Bernés
Gobernador Constitucional del Estado de Campeche**

**Dr. Francisco Gavi Reyes
Encargado del despacho de la Dirección General del Colegio de Postgraduados**

**Dr. Everardo Aceves Navarro
Secretario de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Campeche**

**Lic. Luis Augusto García Rosado
Secretario de Turismo del Gobierno del Estado de Campeche**

**Lic. Enrique Ariel Escalante Arceo
Secretario de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del Estado de Campeche**

**Lic. Francisco Ortiz Betancourt
Secretario de Educación del Gobierno del Estado de Campeche**

**Ing. Benjamin Azar García
Delegado Estatal en Campeche de la SAGARPA**

**Lic. Adriana Ortiz Lanz
Rectora de la Universidad Autónoma de Campeche**

**Mtro. Sergio Augusto López Peña
Rector de la Universidad Autónoma del Carmen**

**Ing. Antonio Collí Misset
Director del Instituto Tecnológico No. 5 de Chiná, Campeche**

**M.C. Mario Rivera de Labra
Director de Coordinación y Vinculación Estatal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias en Campeche.**

**Lic. Juan Carlos Lavallo Pinzón
Director Local en Campeche de la Comisión Nacional del Agua**

**Dra. Evelia Rivera Arriaga
Secretaria de Medio Ambiente y Aprovechamiento Sustentable
del Gobierno del Estado de Campeche**

**Ing. Renán Rodolfo Pacheco Pech
Gerente Estatal en Campeche de la Comisión Nacional Forestal**

**Contralmirante José Francisco Rafael Valencia y Gutiérrez
Secretaría de Marina Armada de México
Séptima Zona Naval**

**Comité Organizador Nacional
XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo**

**Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo
Mesa Directiva 2009-2012**

**Dr. Enrique Salazar Sosa (UJED)
Presidente**

**Dr. David Espinosa Victoria (CP)
Vicepresidente**

**Dr. Juan Pedro Flores Marges (UACJ)
Secretario General**

**Dr. Ignacio Orona Castillo (UJED)
Tesorero**

**Dr. Juan Manuel Covarrubias Ramírez
(INIFAP)
Secretario de Relaciones Públicas**

**Dr. Enrique Troyo Diéguez (CIBNOR)
Secretario técnico**

**Dr. Jesús Pilar Amado Álvarez (INIFAP Chih.)
Secretario de eventos nacionales e
internacionales**

**Dra. Laura Berta Reyes Sánchez
(UNAM)
Secretaria de innovaciones educativas**

**MC. María Isabel Escobosa García
(UABC)
Secretaria de enlace interinstitucional**

**Miguel Segura Castruita (ITT)
Vocal de apoyo editorial**

**Dr. David Gómez (UACH)
Vocal de difusión científica**

**Dr. Javier Z Castellanos Ramos
(INIFAP)
Vocal de vinculación gubernamental**

**Dr. Enrique Ojeda Trejo (CP)
Vocal de vinculación con el sector productivo**

**Dr. Manuel Fortis Hernández (ITT)
Vocal de vinculación interinstitucional**

**Dr. Cirilo Vázquez Vázquez (FAZ- UJED)
Vocal de vinculación estudiantil**

**Dr. José Antonio Chavarría Galicia
(ITT)
Vocal de educación y asistencia técnica**

**Dr. Juan Antonio Leos Rodríguez
(UACH)
Vocal ejecutivo**

**Dr. Manuel Sandoval Villa (CP)
Editor Revista TERRA Latinoamericana**

**Dr. Fernando Gómez Merino (CP)
Co-editor Revista TERRA Latinoamericana**

Comité Organizador Sede

XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo

**Colegio de Postgraduados
Campus Campeche**

**Dr. Eugenio Carrillo Ávila
Presidente**

**Dr. Armando Guerrero Peña
Vicepresidente**

**Dr. Ángel Galmiche Tejeda
Secretario**

**Dr. Domingo Coh Méndez
Tesorero**

Vocales

Subcomité de logística

**Dra. Ma. Mónica Leticia Osnaya González.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche**

**Dr. Domingo Coh Méndez.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche.**

**Lic. Rafael Carbajal Reyna.
Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de
Campeche**

**M.C. Jorge Luis Sandoval Valladares.
Universidad Autónoma de Campeche.**

**M.C. Tatiana Macossay Arteaga, CEM.
Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado de Campeche**

**Lic. Mireya Cortés Galicia.
Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del
Estado de Campeche.**

**Lic. Claudia Castro Puga.
Secretaría de Desarrollo Industrial y Comercial del Gobierno del
Estado de Campeche.**

**Lic. Wilbert Oreza Pacheco.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche.**

**M.C. Martín Andrés García Gómez.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias. Campo Experimental EDZNÁ.**

Subcomité científico

**Dr. Angel Galmiche Tejeda.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche.**

**Dr. Armando Guerrero Peña.
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.**

**Lic. Rosa Graciela Santos Argüelles.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche.**

**M.C. Lorena Vázquez Hernández.
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco.**

**Dr. Alejandro Cano González.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental EDZNÁ.**

**Dr. José del Carmen Zavala Loria.
Universidad Autónoma del Carmen.**

**M.H.D. Juan Carlos Sarricolea Chablé.
Universidad Autónoma del Carmen.**

**Ing. Alma del Rosario Canul Canché.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche.**

Subcomité de vinculación

Dr. Domingo Coh Méndez.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

Dra. Ma. Mónica Osnaya González.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

M.C. Tatiana Macossay Arteaga, CEM.
Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado de Campeche.

MAET Vicente Vega Pavón
Secretaría de Turismo del Gobierno del Estado de Campeche

M.C. Martín Andrés García Gómez.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental EDZNA.

Lic. Jazmín Álvarez Ortega.
Colegio de Postgraduados Campus Campeche

M.C. Jesús Soto Valencia.
Instituto Tecnológico de Chiná, Campeche.

Subcomité de difusión y prensa

Ing. Adalberto Leal Núñez.
Delegación Estatal de la SAGARPA.

M.C. Jorge Luis Sandoval Valladares.
Universidad Autónoma de Campeche.

Ing. Cesar Augusto Novelo Coello.
Comisión Nacional del Agua. Dirección Local Campeche.

Ing. Norberto Chi Uc.
Comisión Nacional Forestal. Gerencia Estatal Campeche.

Comité Científico

Edición de las Memorias

XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo

Dr. Armando Guerrero Peña

Dr. Ángel Galmiche Tejeda

Coordinadores Generales

Integrantes

M.C. Lorena Vázquez Hernández
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco

Dr. José Jesús Obrador Olán
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco

Dra. Eustolia García López
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco

Dr. Ricardo Isaac Márquez
Universidad Autónoma de Campeche

Dr. Enrique Ojeda Trejo
Colegio de Postgraduados Campus Montecillo

Dr. David Pájaro Huerta
Colegio de Postgraduados Campus Montecillo

Dr. Alejandro Cano González
INIFAP Campo Experimental EDZNÁ, Campeche

Dr. José del Carmen Zavala Loria
Universidad Autónoma del Carmen

M.C. Roberto Canales Cruz
INIFAP Campo Experimental EDZNÁ, Campeche

M.C. Martín Andrés García Gómez
INIFAP Campo Experimental EDZNÁ, Campeche

Dr. Juan Medina Méndez
INIFAP Campo Experimental EDZNÁ, Campeche

Dr. José de la Cruz Tun Dzul
INIFAP Campo Experimental Mochochá, Yucatán

CONTENIDO

ESTUDIO DEL EFECTO DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FULVICOS EN LA DEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS EN UN SUELO ARCILLOSO CONTAMINADO CON PETRÓLEO CRUDO	1
PROPIEDADES QUÍMICAS E ÍNDICE DE AMORTIGUAMIENTO DE SUELOS URBANOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS EN UNA ZONA VOLCÁNICA.....	2
CONTAMINACION DE SUELOS POR Cu, Cr, Pb POR ACTIVIDAD MINERA Y SU DISTRIBUCION ESPACIAL EN EL PARQUE NATURAL SIERRA NANCHITITLA	7
USO DE LOS MÉTODOS DE <i>SCREENING</i> EN EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS.....	13
ACOPLAMIENTO DE UN GENERADOR DE ESPACIO DE CABEZA-CROMATOGRAFIA RAPIDA DE GASES-ESPECTROMETRIA DE MESAS (HS-GC RAPIDA-MS) PARA ESTUDIAR LA EVAOLUCIÓN CON EL TIEMPO DE LA CONTAMINACIÓN POR PETROLEO CRUDO EN SUELOS	18
COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE UN VERTISOL DE LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO POR PRINCIPIO DE OXIDACIÓN	22
PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO AGRÍCOLA SUSTENTABLE DE LOS ACUÍFEROS DE LA CUENCA DE LAGUNA SECA GUANAJUATO, MÉXICO.....	27
ESTUDIO DEL GRADO DE CONSERVACIÓN Y LA DIVERSIDAD DEL GRUPO DE PROTISTAS Y ALGAS PRESENTES EN EL "LAGO GRANDE" EN LA CANTERA ORIENTE, RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	28
ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE LOS PROTISTAS Y ALGAS EN LOS ECOSISTEMAS DE LA LAGUNA DE MANDINGA GRANDE, EL ESTERO DEL AMOR Y LAS PLAYAS DE VERACRUZ	29
ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DEL GRUPO DE CILIADOS, ALGAS VERDES Y DIATOMEAS en LA RESERVA ECOLÓGICA "Río Pancho Pozas", Altotonga, Veracruz	30
ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE ALGAS EN EL ECOSISTEMA DEL RÍO PANCHO POZA, ALTOTONGA, VERACRUZ	31
ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE PROTISTAS Y ALGAS DENTRO DEL AMBIENTE RIPARIO DEL RIO PANCHO POZA EN ALTOTONGA, VERACRUZ.....	32
ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE LOS PROTISTAS Y ALGAS EN EL ECOSISTEMA RIPARIO DE LA CANTERA ORIENTE, RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL. CIUDAD UNIVERSITARIA, UNAM. DISTRITO FEDERAL, MÉXICO.....	33
DESARROLLO NATURAL DE LA HALÓFITA <i>Salicornia bigelovii</i> (Torr.) EN ZONA COSTERA DEL ESTADO DE SONORA.....	39

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE LOS GRUPOS DE CILIADOS Y DIATOMEAS EN LAS LAGUNAS DE MANDINGA GRANDE, DEL AMOR Y EL ESTERO, ASÍ COMO EN LAS PLAYAS DEL AMOR Y DE LA HERÓICA ESCUELA NAVAL MILITAR ANTÓN LIZARDO, VERACRUZ, MEXICO.....	45
HIDRODINÁMICA DEL SUELO SUPERFICIAL EN LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO CONCHOS	46
MICROBIOTA DE PROTISTAS Y ALGAS EN EL LAGO CRÁTER DE ALCHICHICA, ESTADOS DE PUEBLA Y VERACRUZ, MÉXICO	52
BIODIVERSIDAD DE CILIADOS, AMEBAS Y ALGAS REGISTRADAS EN EL RIACHUELO LATERAL AL CAMINO PRINCIPAL DE LA CANTERA ORIENTE, REPSA, Ciudad universitaria. méxico d. f.	53
PROGRAMA DE RIEGO EN TIEMPO REAL PARA EL CULTIVO DE PAPA	54
EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN VARIEDADES DE TRIGO CULTIVADAS EN EL VALLE DE MEXICALI, B.C....	59
MICROBIOTA DE CILIADOS FLAGELADOS Y ALGAS DE LA LAGUNA DEL AMOR, EL ESTERO CONCHAL Y LA ISLA DEL AMOR EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO	63
ECOLOGÍA, GRADO DE CONSERVACIÓN Y RIQUEZA DE LOS GRUPOS DE CILIADOS, FLAGELADOS, AMEBAS Y ALGAS EN LOS ECOSISTEMAS DE EL SALADO, ASÍ COMO EN LAS RIZADURAS DE OLEAJE Y EL LAGO CRÁTER DE ALCHICHICA EN LOS ESTADOS DE PUEBLA Y VERACRUZ	64
ECOLOGÍA y DIVERSIDAD DE LOS GRUPOS DE CILIADOS Y MACRO Y MICROALGAS EN LA LAGUNA DE MANDINGA GRANDE EN VERACRUZ, MÉXICO	65
CONSERVACION DE ECOSISTEMAS DE RIBERA EN LA CUENCA DEL RIO CHIQUITO, MORELIA, MICH.....	66
DESBALANCE HIDROLÓGICO Y ESCASEZ DE AGUA EN CUENCAS DEL NOROESTE DE MEXICO: ESTUDIO DE CASO EN LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR.....	71
OBTENCION DE EL INDICE DE EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN BAJO DOS SISTEMAS DE RIEGO	76
MODELO PREDICTIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN RESERVORIOS DE CHIHUAHUA POR MEDIO DE TELEDETECCIÓN Y TURBIDEZ.....	79
EFFECTO DE LA TENSIÓN DE HUMEDAD DEL AGUA EN EL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR	84
EFICIENCIA DEL RIEGO POR MICROASPERSIÓN Y DEL USO DEL AGUA EN CÍTRICOS CULTIVADOS EN LEPTOSOLES DEL SUR DE YUCATÁN	89

DESARROLLO DE GENOTIPOS DE TOMATE EN MEZCLAS DE ARENA:VERMICOMPOST VERSUS ARENA:SOLUCIÓN NUTRITIVA.....	94
EL RENDIMIENTO DE <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill. Y SU RELACIÓN CON PROPORCIONES NUTRIMENTALES.....	100
FOTOSÍNTESIS Y RELACIONES NUTRIMENTALES EN NOGAL PECANERO [<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh) K. Koch] BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE SALINIDAD	105
DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL PARA EL DURAZNO EN EL NOROESTE DE CHIHUAHUA	109
CRECIMIENTO Y CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES BAJO CONDICIONES DE DEFICIENCIA DE ZINC EN NOGAL PECANERO	114
CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, AZUCARES REDUCTORES Y EXTRACCIÓN DE NUTRIENTES DE LA PLANTA DE AGAVE DESARROLLADA CON FERTIGACIÓN EN TAMAULIPAS.....	119
MODELO DE DESARROLLO FENOLÓGICO PARA VARIEDADES DE TRIGO DEL NOROESTE DE MEXICO	123
PROGRAMA DE FERTIRRIGACION EN MANZANO PARA LA REGION DE ARTEAGA, COAHUILA.....	128
CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS EN HOJAS DE FRIJOL TOLERANTE Y SUSCEPTIBLE A DEFICIENCIA DE HIERRO	133
RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LA FRESA A DIFERENTE HUMEDAD DEL SUSTRATO, EN UN SISTEMA DE RAÍZ DIVIDIDA.....	138
DISEÑO DE SIMULADOR WEB PARA EVALUAR ZONAS CON CAPACIDAD DE USO URBANO EN VILLAHERMOSA TABASCO	143
USO DE IMÁGENES SATELITALES PARA DETERMINAR SUPERFICIES CULTIVADAS DE MAIZ.....	147
COMPENSACIÓN AMBIENTAL Y CAMBIO DE USO DEL SUELO EN EL PARQUE NACIONAL SIERRA DE ÓRGANOS, SOMBRERETE, ZACATECAS	152
CAMBIOS PRODUCIDOS EN LA COMPACTACIÓN DE UN SUELO VERTISOL POR TRÁNSITO REPETIDO DE UN TRACTOR AGRÍCOLA.....	157
DISPERSIÓN DE SUELO AL AIRE EN ÁREAS URBANAS DE ZONAS SEMI-ARIDAS DEL NORTE DE MÉXICO .	162
IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL PROCESO DE DESERTIFICACIÓN EN CUENCAS AGRÍCOLAS DE BAJA CALIFORNIA SUR.....	167

LA CONSERVACION DE SUELOS Y PRODUCCION AGRICOLA EN CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL ESTADO DE CHIAPAS.....	172
DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN HÍDRICA Y TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN TABASCO.....	177
MICRO-CARTOGRAFÍA DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN LA FORMACIÓN DE AGREGADOS CON INCORPORACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	182
ACTIVIDAD ENZIMATICA EN SUELOS DE HUMEDAL DE VERACRUZ Y TABASCO CON DIFERENTE VEGETACIÓN.....	187
ACTIVIDAD RESPIRATORIA Y BIOMASA MICROBIANA EN UN FEOZEM ENMENDADO CON VERMICOMPOSTA.....	191
TOLERANCIA A LA SALINIDAD DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DE UN SUELO SALINO DE IXMIQUILPAN, HIDALGO.....	196
AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN YUCATÁN Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTULAS DE TOMATE.....	201
¿LA IDENTIDAD DE LAS ESPECIES VEGETALES PUEDE AFECTAR LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN EL MANTILLO? EL CASO DE DOS CONGÉNERES DE <i>QUERCUS</i>	206
AGUA Y SUELO DISEMINADORES DE PATÓGENOS INTESTINALES EN EL VALLE DE JUAREZ, CHIHUAHUA.....	211
EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS EN CALIDAD DE FRUTO DE PEPINO (<i>Cucumis sativus</i>)	219
EFFECTO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMATICA EN SUELOS DE MANGLAR EN CHACAHUA OAXACA	224
SUELO Y BIOMASA ARBÓREA COMO RESERVORIOS DE CARBONO EN BOSQUES DE MANGLAR DE LA PENÍNSULA DE ATASTA, CAMPECHE: USO DE ECUACIONES ALOMÉTRICAS.....	229
PROPIEDADES EDÁFICAS QUE AFECTAN LA DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA RADICAL EN EL BOSQUE MESÓFILO.....	241
EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN PASTIZALES TROPICALES MEDIANTE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA SUELO-PLANTA.	246
SUELOS POTENCIALES PARA PLANTACIONES FORESTALES, REGION OTHÓN P. BLANCO, QUINTANA ROO	252

POTENCIAL PRODUCTIVO DE CULTIVOS ALTERNATIVOS EN LA CUENCA DE ZAPOTLAN EL GRANDE, JAL.	257
PRODUCCIÓN DE HOJARASCA Y CAMBIOS TEMPORALES DE MANTILLO EN SUELO EN UNA SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA EN PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA.....	262
APORTE Y DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA EN BOSQUES DE NIEBLA	267
INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO Y SU TASA DE RECUPERACIÓN EN ECOSISTEMAS FORESTALES..	272
ESCENARIOS CLIMÁTICOS CON BASE EN TEMPERATURAS EXTREMAS EN ZACATECAS, MÉXICO.....	277
CRITERIO EDAFO-CLIMATICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LA ZONA SUR DEL MUNICIPIO DE CANDELARIA, CAMPECHE	282
PRODUCCION DE FORRAJE VERDE A PARTIR DE TRES CULTIVARES DE MAÍZ EN YUCATÁN	287
EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE ALGODONERO POR TRES AÑOS EN EL VALLE DE JUAREZ, CHIHUAHUA	292
PROPUESTA DE UN MÉTODO DE REHABILITACIÓN EN UN SUELO SALINO DE TEOLOYUCAN, ESTADO DE MÉXICO.....	297
CRECIMIENTO y biomasa DE dos especies MEZCALERas INDUCIDOS POR SUELOS y fertilización	303
FERTILIDAD DE SUELO, ESTADO NUTRIMENTAL DEL AGUACATE (<i>Persea americana</i> Mill.) "HASS" Y CALIDAD DE AGUA, EN OCUITUCO, MORELOS	308
ENMIENDAS DE CALCIO PARA MEJORAR FERTILIDAD EN SUELO Y CALIDAD DE FRUTO EN MANZANA ..	313
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DE RAÍZ DE CHILE HABANERO CON LA ADICIÓN DE ÁCIDOS FÚLVICOS DE LEONARDITA.....	318
RENDIMIENTO DE RAÍCES TUBEROSAS DE <i>Dahlia variabilis</i> Wild (Desf.) EN FUNCIÓN DEL FÓSFORO Y LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN.	321
ADSORCIÓN Y DESORCIÓN DE NPK EN TRES SUELOS DEL ESTADO DE YUCATÁN.....	326
CONTENIDO DE LICOPENO EN TOMATE BAJO TRES DOSIS DE FERTILIZACIÓN.....	331
EFFECTO DE LA PLANTACIÓN DE PENNISETUM PURPUREUM VC. CUBA CT-115 EN LA VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS EN LA GRANJA PICADURA, CUBA.....	335
EFFECTO RESIDUAL DE LA APLICACIÓN DE LOMBRICOMPOSTA EN CEBADA <i>Hordeumvulgare</i> L	341

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y ASOCIACIÓN DE CHILE JALAPEÑO (<i>Capsicum annum</i>) Y CEBOLLA (<i>Allium cepa</i>).....	346
FERTILIZACIÓN Y RENDIMIENTO EN NOPAL TUNERO	351
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE MATERIALES ORGÁNICOS LÍQUIDOS UTILIZADOS EN LA FRANJA AGUACATERA DE MICHOACÁN, MEX.....	355
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS APTOS PARA ALMACIGO	361
EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO EN HÍBRIDOS DE MAÍZ DE VALLES ALTOS	363
EFFECTO DE LA LABRANZA, MANEJO DE RASTROJO Y FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE TRIGO	369
PRODUCCIÓN DE TOMATE EN SUSTRATOS ORGÁNICOS BAJO INVERNADERO	375
CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO EN LA PRECIPITACION Y EL ESCURRIMIENTO DE PARCELAS CON MAÍZ Y MANEJOS ORGANICO Y CONVENCIONAL	380
EFFECTO A CORTO PLAZO DE LA FERTILIZACIÓN DE SITIO ESPECÍFICO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y TAMAÑO DE FRUTO EN MANGO 'KENT'	385
EFFECTO DE LA ADICIÓN DE LODO DE MÁRMOL Y PURÍN DE CERDO EN LA BIODISPONIBILIDAD DE Pb, Cu, Zn y Cd EN UN DEPÓSITO MINERO DEL SURESTE DE ESPAÑA	390
PRODUCCIÓN DE CEBOLLA A CAMPO ABIERTO DURANTE TRES CICLOS CONTINUOS CON EMPLEO DE COBERTURA VEGETAL	395
EVALUACIÓN DE CUATRO HIBRIDOS DE GIRASOL (<i>Helianthus annuus</i>) BAJO TRES REGIMENES HIDRICOS Y DOS DOSIS DE FERTILIZACION EN LA PRODUCCIÓN DE FLOR.....	400
BIOFERTILIZACIÓN, SIEMBRA A DOBLE HILERA Y AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL CULTIVO DE CEBADA.....	405
EFFECTO DE <i>AZOSPIRILLUM BRASILENSE</i> COMO BIOFERTILIZANTE EN TRES TIPOS DE CHILES EN EL NOROESTE DE CHIHUAHUA.....	411
COMPOSTAS Y MICROORGANISMOS EN NOGAL NITRATO REDUCTASA CONTENIDO NUTRICIONAL FOLIAR Y PRODUCCIÓN.....	414
ADICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA REDUCIR FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN NOGAL.....	419
CARTOGRAFÍA DE SUELOS EN LA REGIÓN DE LOS RIOS DE TABASCO UTILIZANDO UN MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (MDE).....	424

DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS REPRESENTATIVOS DEL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO	428
CLASIFICACIÓN DE HORIZONTES EN SUELOS DE ANGANGUEO, MICHOACÁN	433
UNA APLICACIÓN DE LA TAXONOMIA DE SUELOS EN CULTIVOS BAJO RIEGO EN LA PENINSULA DE YUCATAN	437
TIPOS DE SUELOS Y VEGETACIÓN EN LA ECORREGIÓN DE TERRAZAS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO GRIJALVA TABASCO, MÉXICO	442
SUELOS CAFETALEROS DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA UN ESTUDIO COMPARATIVO.	446
INVENTARIO EDAFOLÓGICO "EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL PH LAS CRUCES, NAY"	451
SUELOS Y VEGETACIÓN DE ACAHUALES EN REGIONES ECOGEOGRÁFICAS DE LA SIERRA NORTE DE CHIAPAS.....	455
ESTUDIO DE LA COMPACTACIÓN DE UN SUELO VERTISOL MEDIANTE EL MÉTODO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN	459
CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS COMPOSTADOS.....	464
EFFECTO DE <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Mimosa biuncifera</i> SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE MATORRALES XERÓFILOS DEL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO, MÉXICO.....	468
VARIACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS EN LA CUENCA DEL RIO DUERO	473
LA VEGETACION EXÓTICA Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS, EN LA SIERRA DE GUADALUPE, DISTRITO FEDERAL	478
EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS CON USO AGRÍCOLA Y FORESTAL EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN VIDA SILVESTRE (CIVS) SAN CAYETANO, EN EL ESTADO DE MÉXICO.....	483
EFFECTO DE DIFERENTES PRODUCTOS QUIMICOS EN LA INFILTRACION Y DENSIDAD APARENTE DE UN SUELO SALINO DE LA SERIE GILA FASE PESADA, VALLE DE MEXICALI.....	484
EFFECTO DE HIDROCARBUROS EN CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	489
MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y METALES PESADOS EN SUELOS CON BIOSÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE PUEBLA, PUE. MÉXICO.....	493
PRESENCIA DE METALES Cd, Cu Y Ni EN CULTIVO DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i> L.) TRATADO CON BIOSÓLIDO.....	497

CONTAMINACION DEL SUELO POR ACEITE AUTOMOTRIZ USADO EN CIUDAD VICTORIA, TAMAULIPAS	502
BIORREMEDIACIÓN DE MATERIALES DEL SUBSUELO CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS	506
FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO, CADMIO Y ARSÉNICO.....	507
DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO Y METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DEL RÍO NAZAS	512
EVALUACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE ARSÉNICO POR ALFALFA (<i>Medicago sativa</i>).....	517
CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL SUELO DE UN BOSQUE DE <i>Fagus grandifolia</i> var. <i>mexicana</i> DE LA REGIÓN OTOMÍ-TEPEHUA, HIDALGO, MÉXICO	522
MINERALIZACIÓN DE CARBONO EN RESIDUOS ORGANICOS: RELACIONES E IMPLICACIONES	527
ESPECIACIÓN QUÍMICA DE PLOMO DE UN CALCISOL CONTAMINADO	528
RIESGO DE SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL SISTEMA COSTERO DE NAYARIT POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR.....	532
ÁCIDOS CARBOXÍLICOS PROCEDENTES DE MAÍZ Y DE BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATOS EN INTERACCIÓN CON SUELO AGRÍCOLA	537
ACTIVIDAD FOSFATASA Y ARILSULFATASA DE SUELOS RIBEREÑOS EN BOSQUES TEMPLADOS DEL PARQUE NACIONAL IZTA-POPO	543
TRATAMIENTOS PARA ELIMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES DE AGUAS RESIDUALES: IMPACTO EN PLANTA Y SUELO.....	548
DINÁMICA DEL CARBONO ORGÁNICO EN VERTISOLES SOMETIDOS A LABRANZA DE CONSERVACIÓN ..	552
COMPARACION ENTRE PILAS DE SOLARIZACION Y SU IMPACTO EN EL CONTROL DE PROTOZOOARIOS PATÓGENOS	557
DIVERSIDAD FENOTÍPICA DE POBLACIONES DE <i>Rhizobia</i> DE CHIHUAHUA, MÉXICO	562
INFLUENCIA DEL AMBIENTE RIZOSFÉRICO EN LA DIVERSIDAD DE LAS BACTERIAS ASOCIADAS A <i>Zea mays</i> L.	567
SOLUBILIZACION DE FOSFATOS Y PRODUCCIÓN DE AUXINAS EN BACTERIAS DEL SUELO	572
AISLAMIENTO DE BACTERIAS ASOCIADAS A LIRIO ACUÁTICO (<i>Eichhornia crassipes</i>) DE LA PRESA MANUEL AVILA CAMACHO, PUEBLA	577

DIVERSIDAD DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES ASOCIADOS A <i>Agave angustifolia</i> Haw. EN OAXACA, MÉXICO	582
GRADO DE CONSERVACIÓN Y DIVERSIDAD DE PROTISTAS Y ALGAS EN LA RESERVA ECOLÓGICA DEL RIO PANCHO POZA, ALTOTONGA, VERACRUZ, MEXICO.	587
DESARROLLO <i>in vitro</i> de <i>Persea americana</i> Mill CRIOLLO Y 'HASS' EN CONDICIONES SALINAS.....	588
INTERACCIONES NUTRIMENTALES Y NORMAS DE DIAGNÓSTICO DE LA COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES PARA LA VARIEDAD COMERCIAL DE CHILE SAN MARTÍN (<i>Capsicum annum</i>).....	593
DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL DE HUERTOS DE MANGO EN DOS ZONAS AGROECOLÓGICAS BAJO DOS CONDICIONES DE MANEJO.....	598
EFFECTO DEL SUSTRATO EN EL DESARROLLO DE <i>Vinca rosea</i> EN MACETA.....	602
APLICACIÓN DE <i>Rhizobium japonicum</i> y <i>Glomus spp.</i> EN EL RENDIMIENTO DE SOYA <i>Glycine max</i> (L) Merrill BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL, EN TAPACHULA, CHIAPAS; MÉXICO.	605
RESPUESTA DE MAÍZ MICORRIZADO EN SEIS LOCALIDADES DEL ESTADO DE MÉXICO	607
EFFECTIVIDAD DE CEPAS DE MICROORGANISMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE SERRANO.....	611
PRODUCCION ORGANICA DE MAIZ FORRAJERO MEDIANTE EL USO DE MICORRIZAS Y ESTIERCOL BOVINO SOLARIZADO	616
DEMANDA DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i> L.)	621
EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN NOGAL PECANERO DE FERTIRRIEGO.....	626
BIOFORTIFICACIÓN CON HIERRO Y ZINC EN FRIJOL: IMPACTO EN BIOMASA, RENDIMIENTO Y PARÁMETROS NITROGENADOS.....	631
VARIACIÓN EN EL RÉGIMEN DE LUZ SOLAR PARA INDUCIR EL CRECIMIENTO EN PLÁNTULAS DE NOGAL PECANERO (<i>Carya illinoensis</i> Koch)	636
OSCILACION TERMICA DEL SUELO Y SU RELACION CON LA COBERTURA VEGETAL Y BIOMASA SUPERFICIAL	641
FLUJO DE CO ₂ EN LOS SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA Y LABRANZA CONVENCIONAL CON RASTREO, EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA	646
INTERACCIÓN HUMEDAD - TEMPERATURA DEL SUELO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y DOS NIVELES DE HUMEDAD	653

ADAPTABILIDAD DE SEIS GENOTIPOS DE FRIJOL A CONDICIONES CLIMÁTICAS SEMI-DESERTICAS.	657
INFLUENCIA CLIMÁTICA EN EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS: REGIÓN SUR DEL BAJÍO MEXICANO.....	662
ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA Y ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL DEL CULTIVO DE LA YUCA (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO	666
ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LOS ALTOS DE JALISCO, MEXICO.....	672
MODELOS AGROMETEOROLOGICOS PARA LA ESTIMACION DEL RENDIMIENTO EN CAMPO Y EL PORCIENTO DE SACAROSA EN FÁBRICA EN CAÑA DE AZUCAR EN EL INGENIO LA JOYA DEL ESTADO DE CAMPECHE, MEXICO	677
EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE CÁRTAMO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR.....	681
DEGRADACIÓN EDÁFICA Y USO DE SUELO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN MARCOS, PUEBLA	686
EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL EJIDO DE TOPILEJO PARRES TLALPAN, D. F.....	691
ESTUDIO MULTIESCALA DE LA EROSIÓN DE SUELOS EN LA CUENCA DE COINTZIO, MICHOACÁN.....	696
USO DE UN SIG PARA GENERAR UN MAPA DE EROSIÓN POTENCIAL EN LA CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA	702
DESLIZAMIENTOS DE Suelos y vegetación asociada en laderas de la sierra de Guadalupe, cENTRO de México	707
CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RIO DUERO	711
REPRESAS FILTRANTES: TÉCNICAS PARA REDUCIR LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL NORTE DE TAMAULIPAS	715
CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE VERIFICACIÓN DE CAMPO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN RUMBO AL MAPA NACIONAL DE EROSION DEL SUELO	720
REGENERACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y SU EFECTO EN LA CONSERVACIÓN DE SUELOS EN TERRAZAS DEL MUNICIPIO CENTRO, TABASCO	725
EVOLUCION URBANA Y COMPORTAMIENTO DE CUENCAS HIDROLOGICAS EN EL VALLE DE SALTILLO ...	728
EROSIÓN Y DISMINUCIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELO EN SISTEMAS CAFETALEROS DE PUEBLA	733
BIOFORTIFICACIÓN CON SELENIO Y SU EFECTO EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL FRIJOL	737

CRECIMIENTO DE TOMATE CULTIVADO EN SUSTRATOS INCLUYENDO VEMICOMPOST Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA.....	742
SOLUCIONES NUTRITIVA ORGÁNICAS EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO EN INVERNADERO	746
ESTUDIO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR DE NÍQUEL SOBRE LA CORRECIÓN DE OREJA DE RATÓN	749
FERTILIZACIÓN ORGÁNO-MINERAL Y SU EFECTO EN LA COLONIZACIÓN MICORRÍZICA NATIVA EN LA RIZÓSFERA DE MAÍZ	753
EFFECTOS DEL ESTIERCOL SOLARIZADO EN LA PRODUCCION DEL MAIZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR CINTILLA EN SURCOS ESTRECHOS	757
PRODUCCION ORGANICA DE MAIZ FORRAJERO A DOS DENSIDADES DE POBLACION ABONADO CON ESTIERCOL SOLARIZADO	761
EL USO DE COMPOSTA DE CACHAZA EN SUELOS CALCÁREOS Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE SORGO .	766
EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL Y PRODUCCION DE BIOMASA EN TOMILLO (<i>Thymus vulgaris</i> L.) EN DOS SISTEMAS DE FERTILIZACION	771
PRODUCCIÓN DE FLORES DE MANZANILLA EN FUNCIÓN DE LA FUENTE DE FERTILIZACIÓN BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.....	776
EFFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE TRIGO EN NUEVO LEÓN, MÉXICO.....	779
APLICACIONES DE ESTIERCOL Y SUS VALORES DE PSI Y CE EN EL SUELO EN ALGODÓN, CON DENSIDADES DE POBLACION, EN SURCOS ULTRA ESTRECHOS Y REGADO CON CINTILLA	783
EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE LABRANZA PRIMARIA DEL SUELO Y APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO.....	787
CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE AVENA (<i>Avena sativa</i> ; L) EN FUNCION DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGANICOS SOLARIZADOS	792
MODELOS DE PRODUCCIÓN DE ALFALFA (<i>Medicago Sativa</i> L.) EN DIFRENETES NIVELES DE FOSFORO CON RIEGO SUB SUPERFICIAL.....	797
EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE PIMIENTO MORRÓN.....	802
FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA EN LA ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN EL CULTIVO DE TOMATE	806
DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO ALGODONERO EN RESPUESTA A LA FERTILIZACION CON ABONOS ORGÁNICOS EN LA COMARCA LAGUNERA.....	809

APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO AL SUELO Y FERTILIZACIÓN FOLIAR EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO	814
RESPUESTA AL USO DE BIOFERTILIZANTES EN LA AGRICULTURA DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA DESPUÉS DE TRES AÑOS DE INOCULACIÓN EN LA ROTACIÓN TRIGO-FRIJOL-CÁRTAMO	819
PRODUCCION DE MELON BAJO RIEGO POR CINTILLA ABONADO CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO	825
EFFECTO DE ABONOS ORGANICOS EN CARACTERISTICAS FENOLOGICAS Y CALIDAD EN MAIZ FORRAJERO	830
PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO ABONADO CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO	834
PRODUCCIÓN DE PIMIENTO MORRÓN CON DIFERENTES PORCENTAJES DE ESTIÉRCOL SOLARIZADO Y UTILIZACIÓN DE MICORRIZA EN AMBIENTE SEMI-CONTROLADO	839
PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MALLA SOMBRA Y SU RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE ESTIERCOL SOLARIZADO Y LOMBRICOMPOSTA	844
APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO AL SUELO Y FERTILIZACIÓN FOLIAR EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO	849
EFFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA (<i>Medicago sativa</i>), MEDIANTE PRÁCTICAS DE APLICACIÓN DE FOSFORO (P), EN EL VALLE IMPERIAL.....	854
EFFECTO DE DOSIS CRECIENTES DE NITRÓGENO EN EL CRECIMIENTO DE <i>Agave potatorum</i> ZUCC.....	860
TRATAMIENTO DE DESPERDICIOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA EL USO AGRÍCOLA EN IXQUITLAN, MÉXICO	863
RESPUESTA DE <i>Begonia elatior</i> A LA APLICACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMPOSTEADOS.....	873
PRODUCCIÓN DE MELÓN (<i>Cucumis melo</i> L.) CON Y SIN INOCULACIÓN DE MICORRIZAS, EN DIFERENTES DOSIS DE ESTIERCOL SOLARIZADO	877
RED ESTATAL DE ESTACIONES AGROCLIMATOLÓGICAS DEL ESTADO DE CAMPECHE, MEXICO.....	881
ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE MEXICALI Y SU ADAPTABILIDAD PARA USO AGRÍCOLA	886
EFFECTO DEL RIEGO Y CUBIERTAS DE SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE GUAYABA.....	891
EVALUACIÓN DE TRES CRITERIOS DE RIEGO, EN LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA POR MICRO ASPERSIÓN EN CÍTRICOS DE NUEVO LEÓN, MÉXICO	895

MODELO DE LA RESPUESTA DEL MAIZ A DEFICIT HÍDRICOS DEL SUELO EN DOS ETAPAS DE CRECIMIENTO	899
DETERMINACION DE LAS CANTIDADES DE CALCITA-ÁCIDO SULFÚRICO Y VOLUMEN DE AGUA PARA RESTAURAR UN SUELO AFECTADO POR EXCESO DE SALES SOLUBLES Y SODIO INTERCAMBIABLE	903
REHABILITACIÓN DE UN SUELO SALINO SÓDICO ESTABLECIENDO FRIJOL (<i>PHASEOLUS VULGARIS L.</i>) COMO CULTIVO DE PRUEBA EN EL EJIDO DE SAN JUAN IXTAYOPAN, TLAHUAC, MÉXICO D.F.....	907
EVALUACIÓN DE RIESGOS EN UN DEPÓSITO MINERO DEL DISTRITO DE CARTAGENA-LA UNIÓN (SE ESPAÑA) PARA ESTABLECER UNA ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN	912
MEJORADORES DE SUELO Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN DEL SORGO EN SUELOS SALINOS	916
APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS COMPOSTEADOS EN SUELOS SALINOS-SÓDICOS.....	921
VALIDACIÓN DE INOCULANTES BACTERIANOS Y MICORRÍZICOS EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE <i>Pinus patula</i>	926
PRODUCCIÓN DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (<i>eisenia foetida Sav.</i>), EN TRES DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS.....	931
ESTUDIO DE METABOLITOS PRODUCIDOS POR BACTERIAS QUE SOLUBILIZAN FOSFATO AISLADO DE LA RAÍZ Y RIZOPLANO DE GRAMÍNEAS.....	936
EFECTO DE LOS BIOSÓLIDOS SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE MICRONUTRIENTES EN SUELOS AGRICOLAS	940
NITROGENO RESIDUAL DE ESTIERCOL BOVINO EN AL PRODUCCION DE TRITICALE	945
COEFICIENTE DE PARTICION DE NPK EN TRES SUELOS DE YUCATAN	950
VARIACIÓN EN FÓSFORO DISPONIBLE EN SUELOS POR LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS	955
CALIBRACIÓN DEL ÍNDICE FÓSFORO PARA LA REGIÓN ALTOS DE JALISCO, MÉXICO	960
¿ES EL FÓSFORO UN FACTOR LIMITANTE PARA EL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES EN SUELOS VOLCÁNICOS?.....	966
MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA SEGÚN LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA. ..	969
ACTIVIDAD ARILSULFATASA, AZUFRE DISPONIBLE EN SUELO Y TEJIDO FOLIAR EN AMBIENTES RIBEREÑOS EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA "LOS VOLCANES" Y SU ZONA DE INFLUENCIA	974
CONTENIDOS DE C Y CALIDAD DEL SUELO EN AMBIENTES RIBEREÑOS DE BOSQUES TEMPLADOS	979

NIVELES DE CARBONO Y AGRICULTURA INTENSIVA EN SUELOS DE LA LLANURA COSTERA DE NAYARIT	984
EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS Y PROPUESTA DE SU MANEJO Y CONSERVACION EN EL MUNICIPIO DE MOTOZINTLA, CHIAPAS	989
EFFECTO DEL USO DE PURÍN DE CERDO Y UREA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO	994
ACTIVIDAD FOSFATÁSICA Y DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN SUELOS RIBEREÑOS RESERVA DE LA BIOSFERA "LOS VOLCANES"	999
PARAMETROS GENETICOS Y RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ CON LINEAS ENDOGÁMICAS EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO.....	1004
PRESENCIA DE <i>Azospirillum</i> EN PLANTAS DE AGAVE SALMIANA: VARIEDAD SAN ISIDRO Y CHALQUEÑO DEL MUNICIPIO DE NANACAMILPA, TLAXCALA	1007
EFFECTO DE ALGAENZIMS EN LOS AZÚCARES REDUCTORES EN PLANTAS DE <i>agave tequilana Weber var. Azul</i>	1013
PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE NOPAL FORRAJERO	1018
SUSTRATOS Y MÉTODOS DE PROPAGACIÓN EN TRES ESPECIES DE BAMBÚ	1023
CARACTERISTICAS EDAFOLOGICAS DE LOS SISTEMAS DE MILPA EN LA MICROCUENCA HIDROLOGICA DEL RIO APULCO.....	1028
CAÑA DE AZÚCAR Y SU PRODUCCIÓN EN EL INGENIO LA GLORIA, VERACRUZ, MÉXICO.	1033
RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE MAZORCA EN HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ EN TRES LOCALIDADES	1037
CONSTRUCCION DE UN BIOESPACIO Y APLICACIÓN DE LA TECNICA DE BIOFUMIGACION PARA LA PRODUCCION DE CULTIVOS HORTICOLAS.....	1040
ESTIMACIÓN DE LOS COMPONENTES GENÉTICOS Y CORRELACIONES DE LA PLANTA DE MAIZ HÍBRIDO PARA FORRAJE.....	1045
RESPUESTA DEL PIMIENTO MORRON AL SECADO PARCIAL DE LA RAZ EN TEZONTLE Y SUELO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.....	1049
USO Y VALOR ALTERNATIVO E INTERDISCIPLINARIO DEL SUELO: UNA CONTRIBUCIÓN A SU REEVALUACIÓN COMO RECURSO NATURAL INDISPENSABLE EN LA BÚSQUEDA DE LA SOSTENIBILIDAD	1053
DOMESTICACIÓN DE ARBUSTIVAS CON POTENCIAL DENDROENERGÉTICO	1056

CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE SUELO DE DIFERENTES PARCELAS DE XALPA Y HUEHUETOCA, ESTADO DE MÉXICO	1061
CERTIFICACIÓN ISO 9001:2008 EN FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS DE UN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN RELACIONADO CON EL ÁREA AMBIENTAL Y AGRÍCOLA	1067
HONGOS MICORRÍZICOS, NIVELES DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPAYA EN QUINTANA ROO.	1072
MANEJO DE NITROGENO EN SISTEMAS DE PRODUCCION INTEGRAL	1074
CAPTURA Y ESTABILIDAD DEL CARBONO EN SUELOS DE BOSQUES MONTANOS.....	1080
BIOQUÍMICA DE LA SOLUBILIZACIÓN DEL FOSFATO VIA BACTERIANA.....	1084
SALES, HUMUS Y POLISACARIDOS EN HUMEDALES.....	1091
PROCESOS BIOQUIMICOS DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE ANTES DE INCORPORARLOS AL SUELO	1096
ACTIVIDAD METABOLICA E INDICES DE CALIDAD EN SUELOS.....	1098

ESTUDIO DEL EFECTO DE ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN LA DEGRADACIÓN DE HIDROCARBUROS EN UN SUELO ARCILLOSO CONTAMINADO CON PETRÓLEO CRUDO

Ojeda-Morales Marcia Eugenia¹, Hernández-Rivera Miguel Ángel¹, Martínez-Vázquez José Gabriel²,
María García-Marín Juana¹, Díaz-Flores Laura Lorena¹

División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco¹.

E-mail: marcy-ojeda@hotmail.com

Facultad de Salud y Ciencias de la Actividad Física, Universidad Internacional SEK².

E-mail: gabrielm81@hotmail.com

Resumen

En esta investigación se evaluó la biodegradación de petróleo crudo, utilizando ácidos húmicos y fúlvicos de vermicomposta orgánica (VO) y de Lignita Comercial (CC), sobre un suelo Arcilloso del estado de Tabasco. Se determinó la cantidad de Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) removidos y la población bacteriana, empleando un diseño experimental tipo factorial 1x3x2x3, a saber: un suelo arcilloso contaminados con 50 000 mg/kg de HTP; tratamientos con VO, con CC y sin ácidos húmicos (SV); con microorganismos (CM) y sin microorganismos (SM); y tres repeticiones. El suelo se acondicionó con fertilizantes Triple 17, Urea y peróxido de hidrógeno. Los datos fueron analizados con el procedimiento ANOVA y prueba de medias mediante el software estadístico SAS-6.0. Los tratamientos que tuvieron mayor biodegradación fueron los que contenían microorganismos, y de ellos el acondicionado con la vermicomposta preparada por nuestro equipo (VOCM), presentó la mejor remoción de HTP (63.43%), siendo superior a los correspondientes CC y SV en un 5.15% y 7.41%, respectivamente. Se recomienda bioestimular con VO la biodegradación de HTP en el suelo estudiado, por su mayor eficiencia y considerable bajo costo de producción.

Palabras clave: *Versmicomposta orgánica, biorremediación de suelo, Petróleo crudo.*

Abstract

In this study we evaluated the biodegradation of crude oil, using humic and fulvic acids from Organic Vermicompost (VO) and lignite Commercial (CC) on a clay soil of the Tabasco state. We determined the amount of Total Petroleum Hydrocarbons (TPH) removed and the bacterial population using a factorial experimental design 1x3x2x3, namely: Clay soil contaminated with 50 000 ppm of TPH; treatments with VO, CC and whitout humic acids (SV); with microorganisms (CM) and without microorganisms (SM) and three replications. The soil was conditioned with Triple 17 and Urea fertilizers and hydrogen peroxide. The data were analyzed using ANOVA and means comparison using the statistical software SAS-6.0. Treatments that had higher biodegradation were those containing microorganisms, and among them, who gave mejors results was conditioned with vermicompost prepared by our team (VOCM), which had the highest TPH removal (63.43%), presenting results higher than those obtained in treatments with CC and SV (5.15% and 7.41% respectively). We recommend the VO for the biostimulation of clay soil contaminated with crude oil, for better removal of TPH, because it is more efficient and its remarkably low cost of producción.

Key Words: *Organic vermicompost, soil bioremediation, crude oil.*

PROPIEDADES QUÍMICAS E ÍNDICE DE AMORTIGUAMIENTO DE SUELOS URBANOS CONTAMINADOS POR METALES PESADOS EN UNA ZONA VOLCÁNICA

Casillas Corona Mariela¹, Alcalá de Jesús María¹, Bautista Zúñiga Francisco², Aguilar-Reyes Bertha³, Goguitchaichvili Avto³, Delgado-Carranza Ma. del Carmen², Ihl Thomas⁴

¹Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. e-mail: mari_liz87@msn.com; tupuri12@hotmail.com; ²Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, UNAM, Campus Morelia, leptosol@ciga.unam.mx; meladc56@yahoo.com.mx; ³Instituto de Geofísica, UNAM, Campus Morelia, baguilar@geofisica.unam.mx; avto@geofisica.unam.mx; ⁴thomasjosefihl@gmail.com

Resumen

Los estudios de la contaminación del suelo en zonas urbanas son principalmente sobre el diagnóstico por metales pesados; sin embargo, muy poca investigación se ha realizado atendiendo a la prevención de la contaminación. La retención de metales pesados en el suelo tiene relación directa con la materia orgánica (MO), pH y con la capacidad de intercambio catiónico (CIC); sin embargo, es necesario elaborar índices que incluyan las propiedades del suelo que amortiguan la contaminación por metales pesados. El objetivo fue caracterizar las propiedades químicas del suelo y desarrollar un índice de amortiguamiento (IA) a la contaminación del suelo por metales pesados, así como la elaboración de un análisis de la distribución espacial del índice en la ciudad de Morelia, Michoacán. Se realizó un muestreo de suelos en rejilla y se analizaron las siguientes propiedades: CIC, MO y pH, con ellas, se elaboró un IA. Se realizó un análisis geoestadístico con el IA y el mapa del IA se editó en ArcGIS 9. En la ciudad de Morelia, las clases del IA fueron muy baja, baja, media, alta y muy alta con superficies de 4.08%, 75.50%, 18.52%, 1.87% y 0.02%, respectivamente. En el centro y sur de la ciudad se localiza el área correspondiente a la clase media del IA que ocupa 18.52% de la superficie. En el centro hay pequeños espacios de la clase alta del IA. Las clases bajas de MO, CIC e IA dominan en la ciudad de Morelia y limitan la capacidad amortiguadora ante los metales pesados en una mayor área.

Palabras clave: capacidad amortiguadora, capacidad de intercambio catiónico, materia orgánica.

Abstract

Studies of soil pollution in urban areas are mainly on the diagnosis of heavy metal, but very little research has been undertaken in response to pollution prevention. The retention of heavy metals in soil has a direct relationship with organic matter (OM), soil pH and cation exchange capacity (CEC), however, it is necessary to prepare indexes that include soil properties that dampen heavy metal pollution. The objective was to characterize the chemical properties of soil and develop a buffering index (BI) of soil contamination by heavy metals as well as the development of an analysis of the spatial distribution of the index in the city of Morelia, Michoacan. We performed a grid soil sampling and analyzed the following properties: CEC, OM and pH, with them, we developed a BI. We made a geostatistical analysis with the BI, the map of BI was performed in ArcGIS 9. In the city of Morelia, the BI classes were very low, low, medium, high and very high, with surfaces of 4.08%, 75.50%, 18.52%, 1.87% and 0.02% respectively. In the center and south of the city is the area corresponding to the medium class of BI, this area occupies 18.52% of the surface of the city. In the center there are small areas of the high class of the BI. The low classes of OM, CEC and BI dominate the city of Morelia and limit the buffering capacity to heavy metals in a wider area.

Keywords: buffering capacity, cation exchange capacity, organic matter.

Introducción

La contaminación ambiental es un problema en el aire, agua y suelo. En suelos, la contaminación ocasionada por la gasolina, humo de los vehículos, pinturas y cultivos regados con aguas no tratadas, en

gran parte se deben al crecimiento de la mancha urbana, lo cual es grave para la salud humana y para los ecosistemas (Lebgue *et al.*, sin año; Machado *et al.*, 2008). Se han encontrado concentraciones altas de Cu, Pb y Zn en suelos y polvos urbanos en la ciudad de Mérida, Yuc. (Bautista *et al.*, 2007); concentraciones altas de Zn y Cd, y moderadas en Pb, Fe y Mn en la fracción total del suelo, de importante riesgo para la salud, así como Cu, Co, Cr y Ni con riesgo para el medio ambiente (Ortiz *et al.*, 2009). También, se sabe que existe una relación directa entre la retención de Pb y Zn con la MO y con la CIC (Castro *et al.*, 2007), sin embargo, en éstos trabajos no muestran información cuantitativa sobre dichas propiedades, de iones así como la retención de metales pesados mediante la MO y las arcillas. El objetivo fue caracterizar las propiedades químicas del suelo y desarrollar un índice de amortiguamiento a la contaminación del suelo por metales pesados, así como la elaboración de un análisis de la distribución espacial del índice en la ciudad de Morelia, Michoacán.

Materiales y Métodos

La ciudad de Morelia, Mich., se localiza en la región centro-norte del estado de Michoacán que pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico (Figura 1). La altitud oscila entre los 1400 m y 3090 m de altitud. El clima es templado subhúmedo con temperatura media anual de 17.6 °C y precipitación de 773.5 mm anuales.

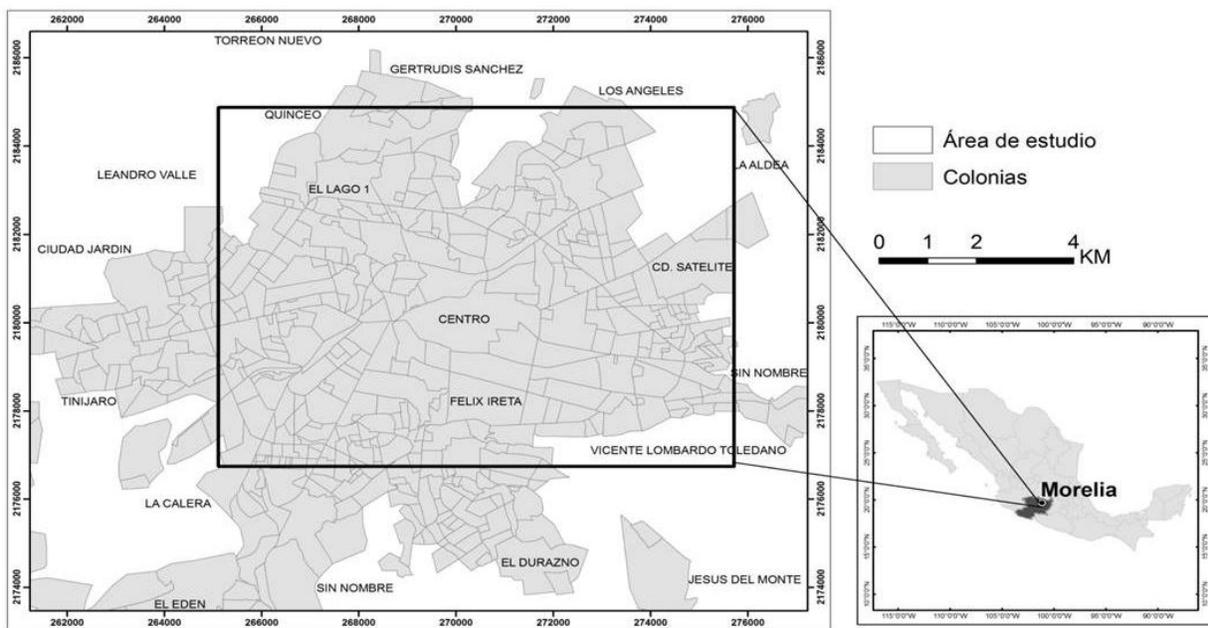


Figura 1. Ubicación de los puntos de colecta de suelo y polvo urbanos de Morelia, Mich.

Los principales suelos son Acrisoles, Luvisoles y Andosoles al sur de Morelia, Luvisoles al suroeste y Vertisoles en la mayor parte del área (DETENAL, 1979). La geología corresponde a un complejo andesítico del Mioceno medio-superior, flujos piroclásticos del Mioceno —Catera de Morelia—, secuencia fluvio-lacustre del Mioceno-Plioceno y vulcanismo del corredor Tarasco del Cuaternario (Garduño, 2004).

Las muestras de suelo urbano se obtuvieron de una investigación previa realizada por Bautista *et al.* (2007), colectadas en áreas con diferente uso de suelo (*equipamiento, habitacional, industrial, mixto, reserva, área verde y polvo urbano*). Los suelos se colectaron con cilindros de PVC de 5.0 cm de alto por 5 cm de diámetro, y los polvos, de la superficie del piso urbano en cuadrantes de 25 cm². Aunque a los polvos urbanos no se les considera suelos (Carrasquero-Durán, 2006), en el presente estudio se les dio el mismo tratamiento que a los suelos. Una vez seco y tamizado el suelo (2 mm de diámetro), éste se utilizó para determinar la CIC con acetato de amonio, MO por combustión húmeda (Walkley y Black) y pH en

H₂O (NOM-023-SEMARNAT-2001). El índice de amortiguamiento (IA) se estimó a partir de las propiedades químicas a las que se les asignó un valor de ponderación, el más alto para la propiedad de mayor relación con la capacidad amortiguadora de los suelos (Aguilar *et al.*, 2011; Ortiz-Villanueva y Ortiz, 1990). El mapa de distribución del IA se editó en el programa geoestadístico ArcGIS 9.

Resultados y Discusión

Características de las propiedades químicas. En la mayoría de los usos de suelo y en gran parte de la superficie estudio, la MO (82.65%) y la CIC (25.8%) se presenta una *clase baja* y en menor proporción una clase media, respectivamente (Cuadro 1). El pH de los suelos varía de 6.0 a 7.8, predominando los de alcalinidad media, favorables para la adsorción de los metales pesados Zn, Co y Ni (Manziona y Merrill, 1989 citados en Sánchez, 2003). Al disminuir la MO en los usos del suelo *habitacional, industrial, reserva y polvo urbanos*, el pH es más alcalino. Las clases alta y muy alta de MO y de la CIC se localizan en áreas pequeñas cerca de las colonias Vista Bella, Centro y Obrera de la ciudad de Morelia. Ortiz-Villanueva y Ortiz (1990) hacen notar que entre más alto es el contenido de MO, mayor es el de la CIC, lo que también influye en la capacidad del suelo para fijar metales.

Cuadro 1. Distribución de propiedades químicas e índice de amortiguamiento.

Clase	Materia orgánica		Capacidad de intercambio catiónico		Índice de amortiguamiento	
	Intervalo	Superficie	Intervalo	Superficie	Intervalo	Superficie
	%	%	cmol kg ⁻¹	%		%
Muy baja	1.90 - 5.10	8.15	9.56 - 17.60	9.10	0.31 - 0.42	4.08
Baja	5.11 - 8.12	82.65	17.61 - 25.80	31.32	0.43 - 0.51	75.50
Media	8.13 -10.43	7.88	25.81 - 33.70	30.92	0.52 - 0.57	18.52
Alta	10.44 -14.60	1.20	33.71 - 41.70	22.02	0.58 - 0.75	1.87
Muy alta	14.61 -17.80	0.10	41.71 - 49.70	6.65	0.76 - 0.86	0.02

Índice de Amortiguamiento y su distribución espacial. Se obtuvieron cinco clases del IA (Cuadro 1 y Figura 2), el de clase baja ocupa 75.5% de la superficie y se distribuye junto con la clase muy baja en áreas con menor influencia vehicular en comparación con la franja que va de norte a sur cuyo IA es de clase media, el cual se localiza en el centro y avenidas principales de la ciudad de Morelia en donde los medios contaminantes como el humo vehicular, estacionamientos y abastecimiento de gasolina son frecuentes. Por la superficie que ocupan y su distribución, en las clases del IA bajas (0.31 a 0.42) es más fácil detectar las áreas de contaminación, sin embargo, el daño ocasionado a la población es mayor, dado que la MO y la CIC tienen menor capacidad de amortiguamiento. Las clases alta (0.58 a 0.75) y muy alta (0.76 a 0.86) del IA tanto en superficie como en ubicación, coinciden con las clases alta a muy alta de MO (10.44% a 17.80%) y de la CIC (33.71 cmol kg⁻¹ a 49.70 cmol kg⁻¹), lo que sugiere de acuerdo con Sánchez (2003) que al incrementar la CIC también aumenta la capacidad amortiguadora de los suelos y polvos urbanos, sin embargo, esto se presenta en áreas reducidas principalmente en los usos de suelo *área verde, equipamiento, mixto y polvo urbano* en pocas muestras, áreas en las que la contaminación será menos notoria así como menor será el daño que provoquen a la población, ya que los metales pesados quedan retenidos en las partículas de suelo y de polvo urbanos, debido a la alta capacidad amortiguadora que tienen las propiedades químicas.

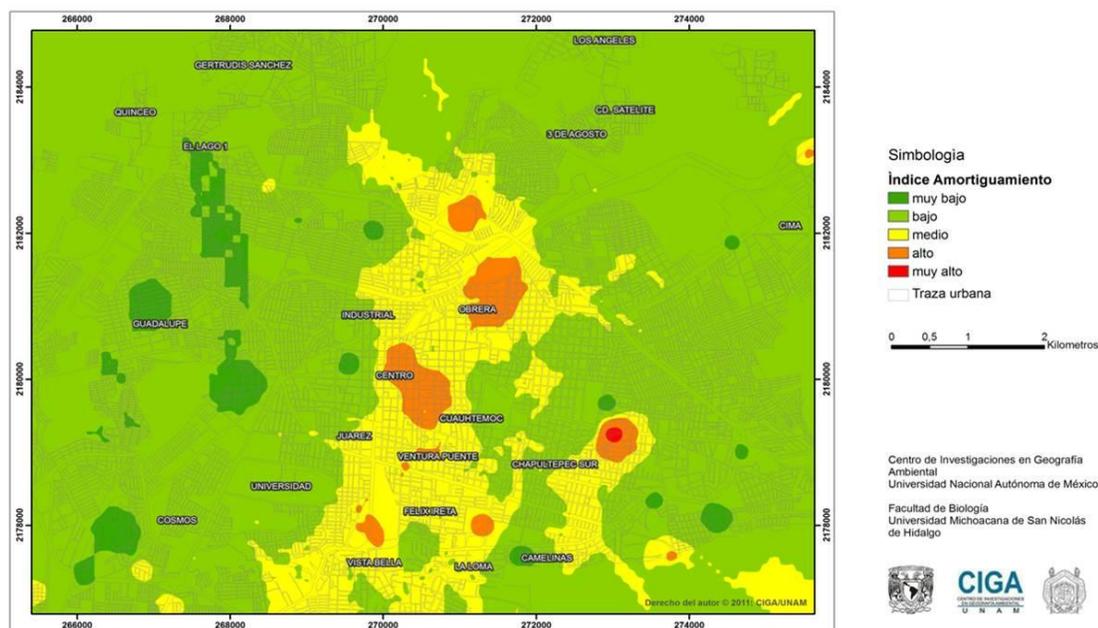


Figura 2. Distribución espacial del índice de amortiguamiento en suelos y polvos urbanos de Morelia,

Las clases bajas de MO, CIC e IA dominan en la ciudad de Morelia y limitan la capacidad amortiguadora ante los metales pesados en una mayor área, lo cual incrementa el daño a la población humana expuesta a la contaminación de suelos y polvos urbanos.

Literatura Citada

- Aguilar Y., F. Bautista y E. Díaz-Pereira. 2011. Soils as Natural Reactors for Swine Wastewater Treatment. Inédito.
- Bautista F., Y. Aguilar., R. Marrufo., D. Cabañas-Vargas. y M. Gamboa-Marrufo. 2007. A FAST Diagnostic of urban soils contamination by heavy metals in Merida, Yucatán, México. En Revisión.
- Carrasquero-Durán A. 2006. Determinación de los niveles de contaminación con plomo en los suelos y polvo de las calles de la ciudad de Maracay. *Agronomía Trop.* 56:237-252. Disponible en <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v56n2/art06.pdf>. (Revisado el 1 de julio de 2011).
- Castro B. C., L. I. Bauer, A. Trinidad S. y R. Carrillo G. 2007. Cadmio, Plomo, Níquel y Zinc en suelos del parque desiertos de los Leones. *TERRA Latinoamericana*, 25:95-103.
- DETENAL (Dirección de Estadística del Territorio Nacional). 1979. Carta Edafológica E14A23 Morelia. Esc. 1:50 000.
- Garduño M., V. H. 2004. Contribuciones a la Geología e impacto ambiental. Morelia, Mich., México. ISBN 970-703-292-8. 276 pp.
- Lebgue K. T., A. Lara., M. Sosa., R. Soto., C. Quintana., J. Borunda., L. Lira. C. Contaminación del suelo urbano por metales pesados en la ciudad de chihuahua Facultad de Zootecnia, Universidad Autónoma de Chihuahua. Disponible en: http://www.google.com.mx/search?hl=es&safe=active&q=suelos+contaminados+en+chihuahua+Lebgue+&q=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=http://74.125.45.132/search?q=cache:IP_y4PKAEAJ:www.uae.mex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/Ciudad%2520Obregon/CONTAMINACION_AMBIENTAL/CA023.doc+contaminacion+de+suelos+urbanos+por+metales+pesados&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=mx (Revisado el 14 de enero de 2010).

- Machado A., N. García., C. García., L. Acosta., A. Cordova., M. Linares., D. Giradoth., Y. Velásquez. 2008. Contaminación por metales (Pb, Zn, Ni y Cr) en aire, sedimentos viales y suelo en una zona de alto tráfico vehicular. *Rev. Int. Contam. Ambient* 24:4 México.
- NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana de suelos que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación del 31 de diciembre de 2002.
- Ortíz-Villanueva, B. y C. A. Ortiz S. 1990. Edafología. 7ª edición en español. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Suelos. México.
- Ortíz R., N. García L., M. A. Alías L. 2009. Riesgo de contaminación por metales pesados en fluvisoles próximos a las escombreras mineras de pedreras viejas (Mazarrón, España). XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Costa Rica.
- Sánchez B., M. I. 2003. Determinación de metales pesados en suelos de Medina del campo (Valladolid). Contenidos extraíbles, niveles fondo y de referencia. Tesis de Doctorado. Universidad de Valladolid. Disponible en http://bvc.s3.dev.cervantesvirtual.com/pdf_parser/0010148e-82b2-11df-acc7-002185ce6064.pdf (Revisado el 14 de febrero de 2010).

CONTAMINACION DE SUELOS POR Cu, Cr, Pb POR ACTIVIDAD MINERA Y SU DISTRIBUCION ESPACIAL EN EL PARQUE NATURAL SIERRA NANCHITITLA

Castro Villegas Juan Carlos¹, Balderas Plata Miguel Ángel¹, Antonio Némiga Xanat¹, Hernández Téllez Marivel², Monroy Vilchis Octavio³, Juan Pérez José Isabel¹

Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México¹.

E-mail:gaia_1383@hotmail.com

Centro Interamericano del Recurso Agua, Universidad Autónoma del Estado de México².

Centro de Investigación de Recursos Bióticos, Universidad Autónoma del Estado de México³.

Resumen

La contaminación a nivel global ha tenido cierta importancia, esto debido a actividades antrópicas cuyo objetivo es la obtención de un recurso para cubrir una necesidad, sin embargo este tipo de hechos tienen como consecuencia la sobreexplotación de los recursos naturales y alteraciones al ambiente a través de la incorporación de elementos provocando un proceso negativo. La actividad minera es una actividad que degrada el ambiente principalmente al suelo, a través del depósito de materiales residuales o el lavado de minerales, incorporándose a estos metales pesados que pueden resultar tóxicos con la posibilidad de añadirse a las cadenas tróficas. Esta no tiene límites de explotación por lo que en algunas ocasiones áreas que son exclusivas para la conservación de los recursos no se salvan de este proceso, por lo que estos ambientes en algunas ocasiones se ven alterados ambientalmente y paisajísticamente. Este es el caso del Parque Sierra Nanchititla la cual contaba con varias minas de explotación de materiales pétreos y minerales preciosos, una de ellas ha tenido indicios de contaminación esto por la presencia de anfibios con malformaciones, por lo que la presente investigación tiene como objetivo determinar la presencia y concentración de Cu, Cr, Pb en suelos por actividad minera, así como determinar su distribución espacial y su posible comportamiento tendencial con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica.

Palabras clave: *Idrisi Andes, estadística y Propiedades Fisicoquímicas.*

Abstract

Global pollution has had some importance, this due to human activities aimed at obtaining a resource to fill a need, though such incidents have resulted in the overexploitation of natural resources and changes to the environment through incorporating elements causing a negative process. Mining is an activity that degrades the environment primarily to the ground, through the deposit of waste materials or washing of minerals, joining the heavy metals that can be toxic to the possibility of adding to food chains. This has no operational limits so that sometimes areas that are unique to the conservation of resources are not spared of this process, so that these environments are altered occasionally environmentally and scenically. This is the case of Sierra Nanchititla Park which had several mines exploitation of stone materials and minerals precise, one has signs of contamination that the presence of malformed amphibians, so this research aims to determine the presence and concentration of Cu, Cr, Pb in soils by mining activities, and to determine their spatial distribution and possible performance trend with the help of GIS.

Key Words: *Idrisi Andes, statistical and physicochemical properties.*

Introducción

Las actividades mineras tienen como consecuencia alteraciones al ambiente principalmente al suelo esto a través de la depositación de jales, los cuales contienen algunos minerales, y elementos no tóxicos y contaminantes, algunos de estos son los llamados metales pesados o elementos traza que estando presentes en el ambiente pueden ser benéficos para algunos organismos vivos en pequeñas concentraciones, pero sin embargo no todos tienen esta propiedad, ya que algunos en altas concentraciones son capaces de alterar la composición química y física del ambiente en donde estén presentes. Diversas investigaciones en el mundo han abordado el estudio y la problemática que generan

los metales pesados o elementos traza en el suelo, así como el riesgo que implica en la salud de las diversas poblaciones que se encuentran en contacto con ellos, pero pocas son las que trascienden al realizar un análisis de manera ambiental y espacial, sobretodo así como de dar una posible tendencia de su comportamiento esto a través de la ayuda de los SIG, por lo que la presente investigación tuvo como objetivo Identificar la presencia y concentración de Cu, Cr, Pb en suelos y generar un mapa de distribución espacial de su concentración, así como generar un modelo tendencial de su comportamiento con ayuda de los SIG.

Materiales y Métodos

La selección de los puntos de muestreo se realizar con base a la cartográfica básica existente de la zona de estudio obteniendo un método de muestreo con base a un análisis sistemático que considera un transepto desde la entrada de la mina hasta los 500 metros, siguiendo el recorrido del cauce del río. Para la evaluación del contenido de elementos traza, así como las propiedades físicas, químicas en suelos será obedeciendo a las norma oficial, la NOM-021-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT, 2000). Los suelos serán muestreados a dos profundidades 0-10 cm. y 10-30 cm., a los 0, 10, 20, 25, 50, 100, 500 m de distancia, tomando 2 Kg. de muestra para cada sitio y para cada profundidad.

Análisis Básicos

Los análisis de laboratorio para determinar las propiedades edáficas para la correlación con los elementos traza se harán de acuerdo con los procedimientos propuestos por el ISRIC (Van Reeuwijk, 1993), estos son: textura, densidad aparente (Dap), pH en agua relación 1:1, carbono orgánico (CO), capacidad de intercambio catiónico (CIC), conductividad eléctrica (CE), cationes solubles y en pasta de saturación los elementos intercambiables, contenido de carbonatos, color en seco y húmedo a través de la carta de colores Munssell .

Extracción de elementos traza

De las muestras de suelo alteradas se tomará una submuestra, la cual fue secada, molida y tamizada con una malla de 0.149 mm para la extracción y cuantificación de los elementos traza (ETs), en su forma total, disponible.

La extracción de ETs totales se realizará por digestión en horno de microondas CEM- MARS 5; utilizando una solución de 10 mL de HNO₃, por 20 min., 180 °C y 350 PSI como lo describió Ure (1995). Cada uno de los extractos se centrifugaran a 2564.4 x gr. y después se filtraran. La cuantificación del Cu, Pb y Cr, en su forma total, disponible y en cada una de las fracciones, se realizará por absorción atómica con un equipo Perkin-Elmer 3110.

Los análisis físicos y químicos, incluyendo la extracción de ETs se realizaran por duplicado, el resultado reportado representará un promedio. Para la validación de los resultados obtenidos por absorción atómica, el cual se considerara el límite de detección (LD) y de cuantificación, que se calculara con la desviación estándar (3σ) de por lo menos 10 veces la lectura de concentración de la muestra blanco, la cual fue diferente por cada solución extractora (American Public Health Association, 1992). Un elemento puede ser considerado detectado (límite de detección, medida cualitativa) cuando su concentración se encuentra entre el intervalo de 3 a 10 veces la desviación estándar de la concentración detectada en la muestra blanco; para ser considerados como cuantificables (límite de cuantificación, medida cuantitativa), la concentración de la muestra problema debe ser mayor a 10 veces el límite de detección ($10 \times 3\sigma$).

Análisis Estadístico y Cartográfico

Se calculara el coeficiente de correlación entre las propiedades del suelo y el contenido de ETs en cada fracción, para modelar las propiedades más significativas a través del módulo INTERPOL de Idrisi Andes, del mismo modo se modelaran el contenido de los ETs, por último se hará un Correlación Múltiple para elaborar el escenario tendencial del comportamiento de los ETs.

Resultados y Discusión

Se realizó un muestreo sistemático a lo largo del cauce de la mina obedeciendo a las siguientes distancias: 0, 5, 10, 25, 50, 100, 250 y 500, tomando como punto de partida la entrada de la mina. Para la recolección de la muestra se hizo con base a la técnica, la cual consiste en realizar un pequeño pozo de una profundidad de 10 a 15 cm de profundidad, recolectando una cantidad de 2 Kg. Teniendo un total de 8 muestras para el transepto determinado, cada muestra se secó y se tamizó en tamices, el primero con una luz de malla de 2.0 mm para las muestras usadas en los análisis fisicoquímicos y un tamiz de 0.149 mm para las muestras utilizadas para la extracción de los elementos traza.

Para el caso de los parámetros fisicoquímicos los estudios realizados tanto para las muestras de suelos como las de sedimentos fueron: pH, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Conductividad Eléctrica (C.E.), Materia Orgánica (M.O.), Granulometría (Textura), Humedad, Densidad Aparente (DA), obteniendo los siguientes datos para suelos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis Fisicoquímicos de Suelo.

MUESTRA	HUMEDAD	D.A.	pH (Agua)	pH (KCl)	Textura	M.O (%)	C.I.C. (cmol ⁺ •Kg ⁻¹)	C.E. milihoms/cm
1	17.8	2.91	5.46	5.66	AR-FR	5.97	72.368	233
2	6.0	2.74	6.12	5.61	FR-AR	4.05	192.982	657
3	12.4	2.35	6.09	5.62	AR-FR	6.38	100	410
4	11.5	2.59	5.22	4.33	AR-FR	3.73	100	273
5	7.3	3.10	5.94	5.19	AR-FR	1.12	129.825	304
6	4.7	2.98	5.85	5.18	AR-FR	0.43	150.877	245
7	6.8	3.08	5.40	4.30	AR-FR	9.49	126.316	102
8	5.5	2.84	5.18	4.01	FR-AR	1.41	72.807	125

La concentración y disponibilidad de Cu, Cr y Pb está condicionada por las propiedades Fisicoquímicas que se presenten en las muestras, para pH los valores se encuentran dentro de los intervalos de 4.01 a 6.12 considerándolos como ácidos, los valores de porcentaje de M.O. están entre los intervalos de 0 a 10% por lo que la mayor parte de estas muestras son pobres. Otra es la granulometría que en este caso la mayor parte se encuentra en la fase textural de Areno-franca, por lo que la cantidad de arenas es predominante a la parte de limos y arcillas, tomando en cuenta esto ausencia de arcillas el intercambio de iones es relativamente bajo esto demostrado por los valores de CIC los cuales oscilan entre los 72-192 cmol⁺Kg⁻¹. Cada una de estas propiedades jugaran un papel fundamental en la movilidad y concentración de los metales (Alloway, 1990), ya que cada uno de los metales estará condicionado por ambientes diferentes con las diferentes propiedades.

Elementos Traza

Los elementos analizados fueron Cr, Cu, Pb teniendo como valores de concentración bajos en cada uno de estos (Cuadro 2.)

Cuadro 2. Concentración de Cu, Cr, Pb.

MUESTRA	Cu	Pb	Cr
	Mg/Kg		
1	0.3895	0.785	0.1155
2	1.059	7.1	0.3375
3	2.3875	6.295	0.1655
4	0.9845	6.07	0.1305
5	0.33	1.57	0.1095
6	0.3535	1.275	0.144
7	0.269	1.46	0.1175
8	0.2985	1.055	0.1255

La mayor parte de los metales están disponibles en estas condiciones acidas a excepción del Cr, el cual presenta esta disponibilidad en suelos más alcalinos, otra característica en la que influye el pH es en su movilidad ya que los cationes de Pb y Cu son más móviles en estas condiciones de acidez y por lo tanto aumenta su solubilidad por lo que las plantas podrán absorberlos y presentar índices de toxicidad (Kabata-Pendias, 1984).

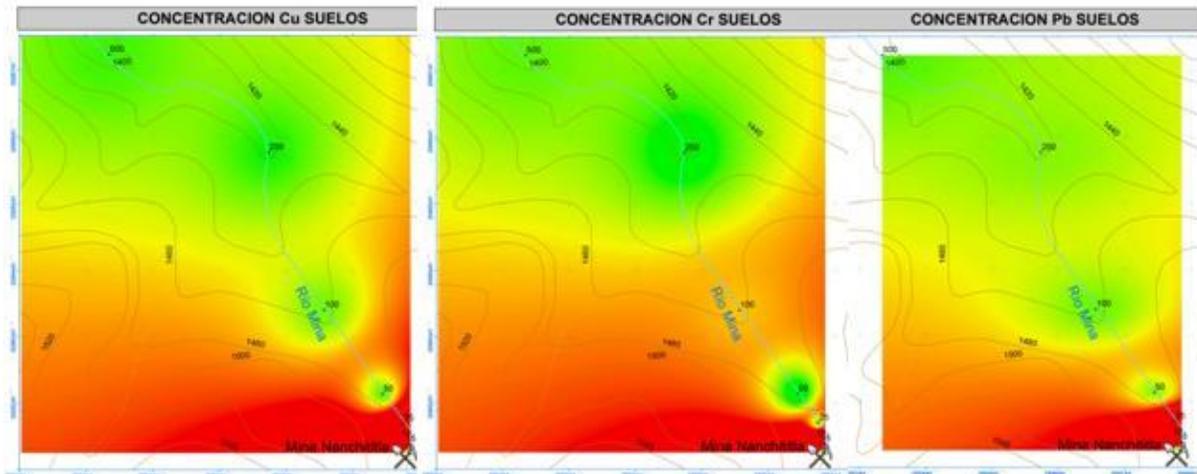
Existen otros factores que intervienen en la baja concentración de los metales en el suelo, este es el caso de la ausencia de arcillas, y por el contrario la predominancia de las arenas, ya que estas son inertes no retienen ningún tipo de iones por lo que estos pueden ser infiltrados a través del agua o tienden a ser escurridos a otras partes del cauce. Relacionando esta propiedad con la baja actividad de C.I.C., nos demuestra que existe bajo intercambio de iones, y por lo tanto no hay adsorción y disponibilidad de estos metales.

Las propiedades fisicoquímicas del suelo que están relacionadas con la concentración de estos metales queda simplificada con análisis estadístico de correlación (Cuadro 3), así mismo que nos permitirá identificarlas para proceder a la modelación de estas y de cada uno de los metales con ayuda de los SIG.

Cuadro 3. Correlaciones significativas entre propiedades fisicoquímicas del suelo y ETs.

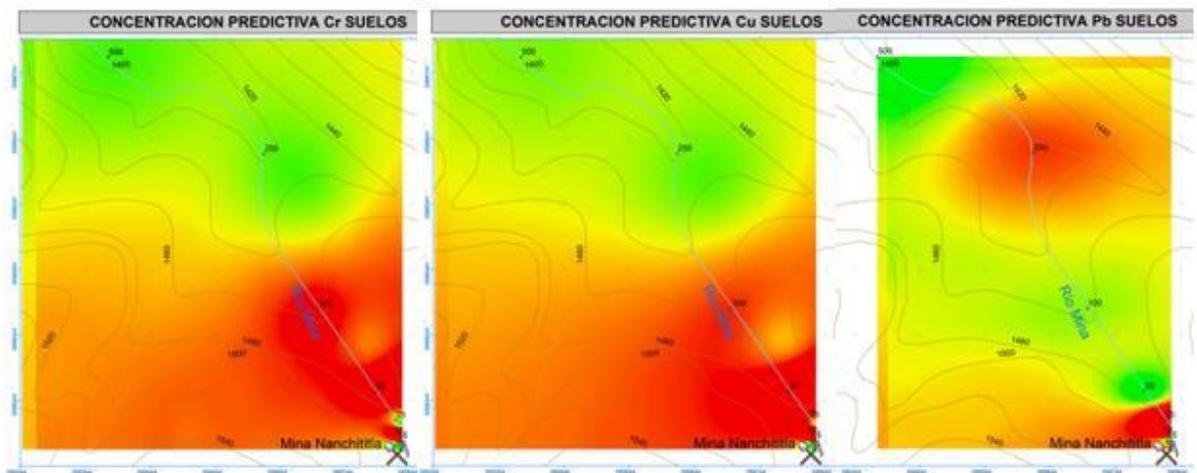
	COBRE	PLOMO	CROMO
DENS. APARENTE	-0.915	-0.793	
C.I.C.			0.733
C.E.		0.778	0.886
milihoms/cm		0.023	0.0034

Teniendo las propiedades más significativas se procedió a crear escenarios de distribución espacial con ayuda del Software Idrisi Andes a través del módulo de Interpol, obteniendo que los colores en rojo las zonas con mayor concentración y viceversa los colores en verde aquellas zonas en donde las concentraciones serán relativamente bajas, esto se realizó para Cu (Figura 1), Cr (Figura 2) y Pb (Figura 3).



Figuras 1, 2 y 3. Concentración de Cu, Cr, Pb.

A partir de estos modelos de concentración de cada uno de los metales (Cr, Cu, Pb), y de las propiedades del suelo más significativas derivadas de la correlación, se elaboró un escenario tendencial del posible comportamiento de concentración de cada uno de los metales a través de un análisis de correlación multivariado en donde el comportamiento de cada propiedad dará las zonas posibles de concentración de cada metal. (Figuras 4, 5 6).



Figuras 4, 5 y 6. Escenario tendencial de concentración de Cu, Cr y Pb.

Al igual que en los modelos de concentración en los escenarios tendenciales, los colores en rojo son las zonas en donde las concentraciones serán altas y las verdes en donde serán relativamente bajas.

Conclusiones

La distribución espacial de la concentración de los metales pesados en suelos está condicionada por el comportamiento que cada una de las propiedades determina el ambiente en que se desarrolla como la acidez del suelo, las baja cantidad de arcillas y por lo tanto la baja adsorción debido a los valores bajos de CIC, propiciando estos valores de concentración.

Los métodos de interpolación sencilla son otra herramienta de los Sistemas de Información Geográfica, la cual nos permite obtener un modelo de distribución espacial de los elementos trazas contaminantes con pocos puntos de muestreo, sin utilizar la herramienta Kriging.

Los SIG's son un apoyo para la realización de diversos modelos en los diferentes procesos que se llevan a cabo en suelos, así mismo dar un panorama de manera espacial del comportamiento del fenómeno, y así tomar una mejor decisión en la conservación de estos recursos.

Literatura Citada

- Alloway, B. J. 1990. Heavy metals in soils. John Wiley and Sons. New York.
- Escoto, V. M., 2006 Metales pesados en suelos de la provincial de Málaga, España. La cuenca hidrográfica del río Verde como unidad de análisis de su distribución y toxicidad. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias-Departamento de Edafología y Química agrícola, Universidad de Granada, España.
- García, I. Y C. Dorrosoro. 2005. Tema 15. Contaminación por metales pesados. Libros electrónicos y monografías. Contaminación. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias. Universidad de Granada. España. (En línea) Disponible en: <http://edafología.urg.es/conta/tema15/introd.htm>. (2005).
- Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 1984. Trace elements in soil and plant. CRC Press. Florida. 98-102.
- Kabata-Pendias, A. 1985. Agricultural problems related to excessive trace metal contents of soils. 3-18. in: Solomons, W., U. Förster and P. Mader. Heavy metals. Problems and Solutions. Spring, Germany
- Krasilnikov, P., Carré, F. & Montanarella, L. (eds.)(2008) Soil geography and geostatistics. Europa Commission. Luxemburgo, Alemania.
- Lin, Y. P. 2002. Multivariate geostatistical methods to identify and map spatial variations of soil heavy metals. Environmental Geology 42. 1-10.
- SEMARNAT. 2000. NOM-21-SSEMARNAT-2001, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. D. F.
- Secretaría de Salud. 2000. NOM-127-SSA-2000, Secretaría de Salud, México D. F.
- Sposito, G., Lund, L.J. y Chang, A.C. (1982) Trace metal chemistry in arid-zone field soils attended with sewage sludge. I: Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd and Pb in soils phases. Soil Sci. Soc. Am. J.
- Stoops, G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith. Thin sections. SSSA, Madison, Winsconsin, USA.

USO DE LOS MÉTODOS DE *SCREENING* EN EL ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN DE SUELOS

Hernández-Nataren Lorena del C¹, Guerrero Peña Armando¹.
Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco¹. E-mail: garmando@colpos.mx

Resumen

El uso de los métodos de *screening*, en el área ambiental son una alternativa en el estudio de suelos contaminados con petróleo crudo con la ventaja de que son más rápidos, consumen menos reactivos y requieren menor tamaño de muestra, menor manipulación de las muestras, reducción de la probabilidad de error y en algunos casos no son destructivos (NIRS, por ejemplo), principalmente. Los instrumentos utilizados en las pruebas de *screening* generan una señal de tipo perfil con la información suficiente para identificar suelos contaminados, identificar suelos libres de contaminación con petróleo crudo, fuentes de contaminación y el grado de contaminación. El presente trabajo consistió en explorar la metodología de espectroscopia en el infrarrojo cercano (NIRS) y el acoplamiento de un generador de espacio de cabeza a un espectrómetro de masas (HS-MS con el fin de identificar de forma rápida suelos con diferente grado de contaminación y sus posibles fuentes de contaminación. Las muestras estudiadas fueron suelos de diferente matriz, suelos minerales (con diferente textura y contenido de materia orgánica) y suelos orgánicos (Histosoles); petróleo con diferente densidad (pesado y súper ligero). El tratamiento quimiométrico de las señales espectrales se realizó aplicando métodos no supervisados como el análisis de agrupamientos jerárquicos y el análisis de componentes principales, mediante este tratamiento es posible identificar suelos contaminados con petróleo crudo, las fuentes de contaminación, así como clasificar los suelos según el grado de contaminación; con la ventaja que implica los métodos de *screening*.

Palabras claves: *generador de espacio de cabeza, NIRS, quimiometría.*

Abstract

The use of screening methods in the environmental area is an alternative in the study of soils contaminated with crude oil with the advantage of being faster, consume less reactive and require smaller sample size, reduced sample handling, reduced the probability of error and in some cases are not destructive (NIRS, for example), mainly. The instruments used in screening tests generate a signal-type profile with sufficient information to identify contaminated land, identifying pollution-free soil with crude oil, pollution sources and extent of contamination. The present study was to explore the methodology of near-infrared spectroscopy (NIRS) and the coupling of a headspace generator to a mass spectrometer (HS-MS in order to quickly identify different levels of soil contamination and possible sources of contamination. The samples studied were different parent soils, mineral soils (with a different texture and organic matter content) and organic soils (Histosols) oil with different densities (heavy and super light). chemometric treatment of spectral signals was done by applying methods such as unsupervised hierarchical cluster analysis and principal component analysis, by this treatment can be identified with crude oil contaminated soil, sources of pollution and to classify soils according to the degree of contamination; with the advantage inherent in the methods of screening.

Key Words: *headspace generator, NIRS, chemometrics.*

Introducción

La contaminación del suelo y del agua por fugas accidentales y la liberación de petróleo crudo es cada vez más frecuente a medida que la industria se expande y la demanda de energía crece. En la mayoría de los casos, después de un derrame de petróleo crudo en el suelo, inmediatamente comienza a desaparecer debido a la evaporación de la fracción ligera, dispersión en el ambiente (suelo y agua) y degradación microbiana. La fracción de pérdida por cada uno de estos procesos depende de los tipos de compuestos contenidos en el petróleo crudo y sus propiedades, como los coeficientes de partición (Chiouet *et al.*,

1998), presión de vapor (Mackay y Callcott, 1998), solubilidad en agua (Chiou *et al.*, 1986), tipo de suelo y condiciones ambientales.

Para sitios con hidrocarburos muy meteorizados en el suelo superficial (derrames viejos) la afectación de la fertilidad es crónica. Aún en concentraciones muy bajas (2500-4000 mg TPH/kg suelo) el suelo puede ser afectado si no es tratado para mejorar su fertilidad. Los hidrocarburos muy meteorizados reducen la fertilidad del suelo debido a que i) reducen la capacidad de retención de humedad y provocan repelencia al agua; ii) reducen la capacidad de retención e intercambio de nutrientes, sobre todo los catiónicos; iii) producen compactación del suelo, reduciendo la infiltración de agua, y la penetración de las raíces; y iv) puede presentarse contaminación con el agua de formación procedente de yacimientos petroleros produciéndose aumento de la salinidad y del Na⁺ en el suelo (Adams *et al.*, 2008).

A fin de agilizar la separación de los analitos de matrices complejas, como los suelos, existe interés por desarrollar técnicas que permitan una extracción eficiente en un tiempo reducido, con un alto nivel de automatización (Camel, 2002) y el empleo de una cantidad pequeña de muestra y disolvente (miniaturización) (Valcárcel y Cárdenas, 2000). Los métodos de *screening* deben ser simples de aplicar, de costo reducido, fáciles de realizar y de interpretar, y deben permitir diferenciar individuos con una característica de aquellos que no la tienen (Hernández-Nataren, 2009, Guerrero 2006). También son usados para identificar muestras que deben de ser analizadas con más detalle o por técnicas de rutina. En la literatura, «screening» se refiere a un método semicuantitativo rápido para determinar si los contaminantes están presentes por encima de un umbral de concentración preestablecida (Havenga and Rohwer, 1999). Estas técnicas son validadas por cuatro términos: sensibilidad, especificidad y valor predictivo de los resultados positivos y negativos (Grimes y Schulz, 2002).

La precisión de una prueba de *screening* a menudo depende de la elección de un dicotomizador (corte o valor) de la variable resultante de la prueba. No se hace distinción entre las terminologías "*screening*" y de "diagnóstico", aunque pueden tener significados diferentes en cierto grado (Song *et al.*, 2001). La aplicación cualitativa de esta técnica devuelve un resultado positivo (que indica la presencia del analito de interés) o una respuesta negativa (que indica la ausencia del analito); mientras el análisis cuantitativo de *screening* se puede tratar de una manera cualitativa mediante la conversión de los resultados medidos cuantitativamente a los positivos o negativos, en comparación con un valor de umbral especificado previamente (Song *et al.*, 2001).

El objetivo del trabajo fue explorar la aplicación de la técnica NIRS y el acoplamiento de generación de espacio de cabeza-espectrómetro de masas para la identificación de suelos contaminados y fuentes de contaminación con petróleo crudo.

Materiales y Métodos

❖ Espectroscopia en el infrarrojo cercano NIRS

En esta etapa se usaron 76 muestras de cuatro tipos de suelos con matrices diferentes (Arenosol, Histosol, Gleysol y Solonchak) las muestras son procedentes de la cuenca baja del río Tonalá colectadas en cuatro puntos diferentes (derrame, orilla de campo petrolero, desembocadura de la cuenca y testigo). Las mediciones se realizaron de 400 a 2500 nm mediante el programa ISISCAN. A los espectros obtenidos se les realizó un tratamiento quimiométrico con el programa Pirouette Chemometrics.

❖ Espectrometría de masas

El desarrollo experimental de esta etapa se realizó con tres tipos de petróleo crudo y tres matrices con características diferentes en cuanto al contenido de materia orgánica y arcilla, principalmente. Una de ellas fue arena de mar lavada fina y las otras dos fueron suelos mexicanos: Vertisol e Histosol. Los tipos de petróleo usados fueron Brass River Light, Olmeca y Tintal. Los programas usados para el tratamiento de los datos fueron programa Pirouette y Tools/Export3-D Data.

Resultados y Discusión

❖ Espectroscopia en el infrarrojo cercano NIRS

Con la tecnología NIRS son generados 1050 datos por muestra, que es lo que forma la huella espectral. El análisis quimiométrico consistió en el análisis de componentes principales en cada unidad de suelo; cada uno de los cinco grupos de suelos presentan un porcentaje de la varianza acumulada superior a los 98.89% en las dos primeras componentes principales (Figura 1). Puede observarse que en cada unidad de suelo las muestras se agruparon por su origen de muestreo. En la Figura 1 (b) puede observarse que para el caso de la unidad de suelo Gleysol las muestras colectadas en la parte de la desembocadura de la cuenca del río, están ubicadas en la cercanía del sitio del derrame; aún y cuando en el sitio del derrame se realizó un tratamiento de limpieza del suelo y se adicionó suelo procedente de otro sitio.

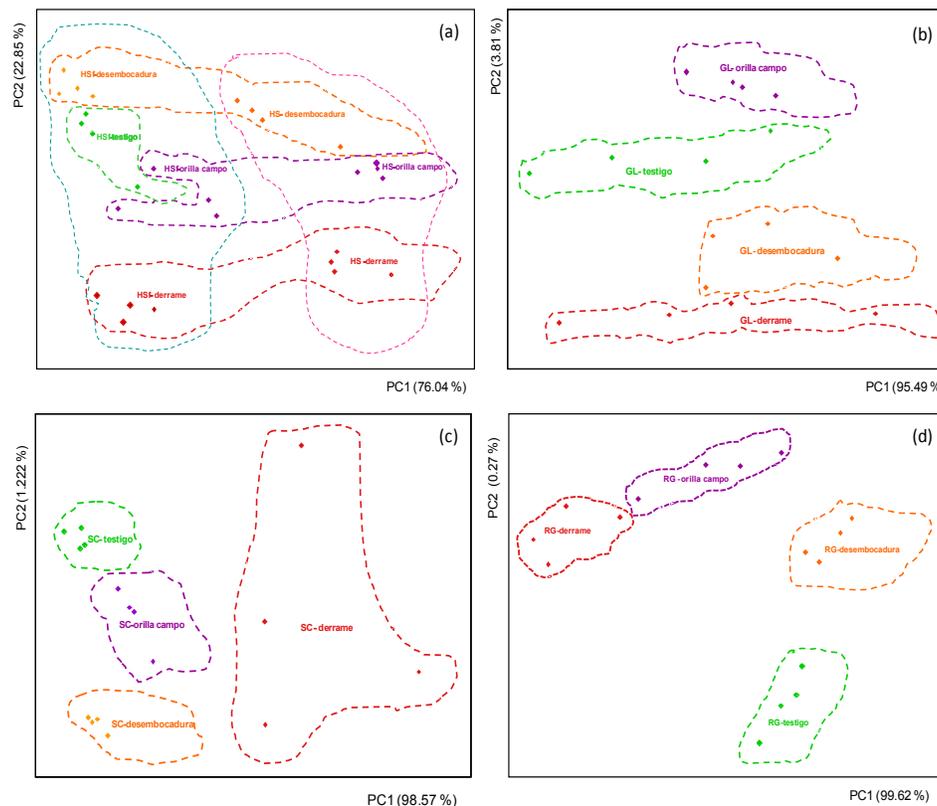


Figura 1. Análisis de componentes principales del espectro correspondiente a la región NIR de las muestras de los cinco grupos de suelos.

❖ Metodología HS-MS para la identificación de fuentes de contaminación.

Se utilizaron todas las intensidades registradas para cada muestra en el intervalo de relaciones masa/carga comprendido entre 50 y 150 da.

En la Figura 2, se muestran los dendrogramas correspondientes a las matrices de arena, Vertisol e Histosol. Es posible diferenciar tres agrupamientos perfectamente definidos. Cada uno de ellos está formado por las muestras de arena, Vertisol e Histosol contaminadas con cada uno de los diferentes crudos utilizados como contaminantes.

El dendrograma correspondiente a las muestras de Histosol contaminadas presenta una morfología más compleja ya que no es posible establecer los tres mismos grupos que se observan en las otras dos matrices estudiadas. Puede observarse un cierto agrupamiento entre las muestras ya que para un índice de similitud

de, aproximadamente, 0.6 podríamos encontrar tres grandes grupos de muestras correspondientes a los distintos tipos de petróleos crudos contaminantes, si bien en estas condiciones las muestras dopadas con el nivel de concentración más bajo constituirían tres grupos independientes. Este hecho pone de manifiesto que en los suelos con un elevado contenido de materia orgánica la matriz ejerce un efecto importante en la generación de los volátiles que es más acusado para las concentraciones más bajas. Estos resultados ponen de manifiesto que la información contenida en las señales obtenidas con el sistema HS-MS permite una diferenciación clara entre las muestras contaminadas con distintos tipos de crudos para las matrices de arena, Vertisol e Histosol. Los resultados con la matriz de Histosol también pueden considerarse adecuados cuando los niveles de contaminación son suficientemente altos.

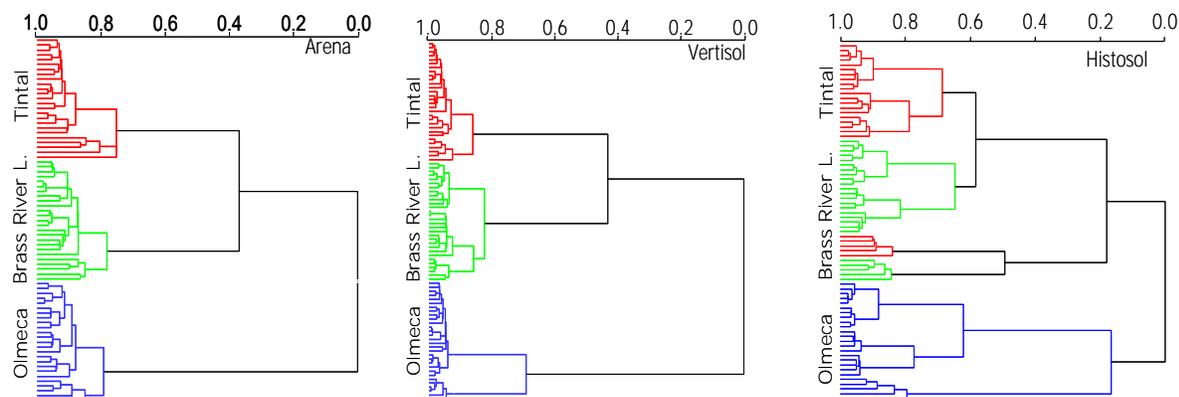


Figura 2. Dendrograma obtenido con el análisis de agrupamiento jerárquico de las muestras de arena, Vertisol e Histosol contaminadas con tres tipos de petróleo crudo y medidas con HS-MS.

Conclusiones

El uso de estas metodologías, como métodos de *screening* permiten obtener un análisis de manera rápida, con uso de un tamaño reducido de muestra y con el menor manejo de la misma lo que conlleva a reducir el error analítico logrando obtener la información suficiente para diferenciar los tipos de crudos objeto de este estudio y los tipos de suelos con diferente impacto en los contenidos de hidrocarburos totales del petróleo. El tratamiento quimiométrico de las señales analíticas es esencial para lograr diferenciar las fuentes de contaminación de los suelos y la identificación de los suelos con base en el grado de contaminación. Puede afirmarse, por tanto, que las metodologías propuestas constituyen una alternativa viable para su aplicación en la diferenciación de fuentes de contaminación de hidrocarburos del petróleo crudo en suelos. La selección de una u otra metodología (NIRS ó HS-MS) dependerá de las necesidades de información.

Literatura Citada

- Adams R.H., Morales-García F. 2008. Concentración residual de Hidrocarburos en suelo del trópico. I: consideraciones para la salud pública Y protección al ganado. *Interciencia* Vol. 33. No 7.
- Camel V. 2002. Extraction techniques. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 372:39-40.
- Chiou, C.T., McGroddy, S.E., and Kile, D.E. 1998. Partition characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons on soils and sediments. *Environmental Science & Technology* 32, 264–269.
- Chiou, C.T., Malcolm, R.L., Brinton, T.I., and Kile, D.E. 1986. Water solubility enhancement of some organic pollutants and pesticides by dissolved humic and fulvic acids. *Environmental Science & Technology* 20, 502–508.
- Guerrero, P. A. 2006. Estudio de la Contaminación en Suelos por Petróleo Crudo Mediante Generación de Espacio de Cabeza-Espectrometría de Masas. Tesis de Doctorado. Universidad de Salamanca. Salamanca España.

- Grimes David A, Schulz Kenneth F. 2002. Uses and abuses of screening test. *Lancet* 359, 881-884.
- Havenga W. J., Rohwer E. R. 1999. Chemical characterization and screening of hydrocarbons pollution in industrial soils by headspace solid-phase microextraction. *J. Chromatography A*. 848. 279-295.
- Hernández-Nataren L del C. 2009. Estudio de la Contaminación con Petróleo de los Suelos Agrícolas de la Cuenca Baja del río Tonalá Mediante Espectroscopia del Infrarrojo Cercano. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Cárdenas Tabasco, México.
- Mackay, D. and Callcott, D. 1998. Partitioning and physical chemical properties of PAHs. In: PAHs and Related Compounds. *The Handbook of Environmental Chemistry* (Neilson, A.H., ed.) Springer-Verlag, Berlin
- Song R., Schlecht P.C., Ashley K. 2001. Field screening test methods: Performance criteria and performance characteristics. *Journal of Hazardous Material* 83, 29-39.
- Valcárcel M. y Cárdenas Ma. S. 2000. Automatización y miniaturización en química analítica. Springer – Verlag Ibérica S. A. Barcelona, España.

ACOPLAMIENTO DE UN GENERADOR DE ESPACIO DE CABEZA-CROMATOGRFIA RAPIDA DE GASES-ESPECTROMETRIA DE MESAS (HS-GC RAPIDA-MS) PARA ESTUDIAR LA EVAOLUCIÓN CON EL TIEMPO DE LA CONTAMINACIÓN POR PETROLEO CRUDO EN SUELOS

Hernández-Nataren Lorena del C.^{*1}, Guerrero P. A.¹, Pérez P. J. L.², Del Nogal Sánchez M.²
Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco¹. E-mail: inataren@colpos.mx. Departamento de Química Analítica, Nutrición y Bromatología, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Salamanca, Salamanca, España².

Resumen

El uso del acoplamiento de generación de espacio de cabeza-cromatografía rápida de gases-espectrometría de masas (HS-GC rápida-MS) permite el estudio de la evolución de los hidrocarburos de petróleo, en un lapso corto de tiempo, reduciendo el tamaño de muestra así como los errores analíticos que se cometen en el tratamiento de muestra mediante los métodos convencionales. Este trabajo consistió en evaluar la posibilidad de la utilización del acoplamiento generación de espacio de cabeza-cromatografía rápida de gases-espectrometría de masas (HS-GC rápida-MS) para estudiar la evolución con el tiempo de la contaminación por petróleo crudo en suelos. Las muestras estudiadas fueron contaminadas con petróleo de origen mexicano clasificados como ligero y pesado (Olmeca y Tintal), todas las muestras analizadas por triplicado en las cuales se obtuvieron señales espectrales las cuales contienen información suficiente acerca de la evolución de los diferentes analitos de la muestras a través del tiempo. La intensidad de las señales es más notoria en el crudo Tintal, sin embargo; en ambos crudos se observa la presencia de compuestos como bencenos y naftalenos a las 37 horas de contaminados los suelos. En las figuras de contorno o representaciones bidimensionales es notoria la presencia de iones con masa/carga (m/z) 128 y 142 los cuales permanecen en las muestras a las 37 horas.

Palabras claves: *Espacio de cabeza, figuras de contorno, petróleo*

Abstract

Use of the generation coupling head space gas-chromatography-rapid-mass spectrometry (HS-GC-MS fast) allows the study of the evolution of petroleum hydrocarbons in a short period of time, reducing the size of sample as well as analytical errors committed in the treatment of sample with conventional methods. This work was to evaluate the possibility of using mesh generation head space gas chromatography-rapid-mass spectrometry (HS-GC-MS fast) to study the evolution over time of crude oil contamination in soils. The samples studied were contaminated with Mexican petroleum classified as light and heavy (and Tintal Olmeca), all samples analyzed in triplicate in which spectral signals were obtained which contain sufficient information about the evolution of different analytes in the samples over time. The intensity of the signals is more evident in crude Tintal, however, in both raw reveals the presence of compounds such as benzene and naphthalene at 37 hours of contaminated soils. In the figures of two-dimensional shape or representation is noticeable the presence of ions with mass/charge (m/z) 128 and 142 which remain in the samples to 37 hours.

Key words: *Head space, figures of two-dimensional, petroleum.*

Introducción

El petróleo crudo y sus derivados constituyen una de las principales fuentes de contaminación por hidrocarburos de diferentes matrices de interés ambiental (Xie *et al.*, 1999).

El desarrollo de métodos no separativo para la resolución de problemas analíticos, relacionados con la contaminación ambiental que proviene de la presencia de hidrocarburos es actualmente de gran interés, debido principalmente a su velocidad de análisis. A veces no es necesario obtener la información sobre los compuestos individuales de una muestra para resolver el problema analítico y esto basta para obtener un perfil característico de la muestra formada por todos los componentes que lo integran. Algunos trabajos

desarrollados con métodos basados en generación de señales de tipo perfil fueron desarrollados por los siguientes autores (Pérez *et al.*, 2004 (a); Viktorova *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2003(a); Pérez *et al.*, 2003(b); Pérez *et al.* 2004 (b); del Nogal *et al.* 2005).

Los métodos para el análisis de hidrocarburos propuestos por la *Environmental Protection Agency* (EPA) (Physical/chemical Methods, 1986), constan habitualmente de dos etapas: extracción y medida. Destacan la extracción Soxhlet (método 3540C), la extracción en fase sólida (método 3535), la extracción con fluidos presurizados (método 3545). Los métodos modernos presentan, actualmente, un gran interés principalmente por su elevada velocidad de análisis. La metodología de generación de espacio de cabeza acoplada a espectrometría de masas se compara con la cromatografía de gases con el mismo sistema de detección, la primera proporciona una respuesta muy rápida pero contiene menos información, como es habitual siempre que se utilizan métodos no separativos. Cuando se utilizan los métodos cromatográficos convencionales, el tiempo de análisis de una muestra está determinado por el tratamiento que ésta requiere y por el propio del análisis cromatográfico. Sin embargo en los métodos no separativos este tiempo es muy corto y la espera para tomar decisiones, a veces críticas, se reduce considerablemente.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la posibilidad de la utilización del acoplamiento generación de espacio de cabeza-cromatografía rápida de gases-espectrometría de masas (HS-GC rápida-MS) para estudiar la evolución con el tiempo de la contaminación por petróleo crudo en suelos.

Materiales y Métodos

Muestras utilizadas

Las muestras utilizadas para el estudio se prepararon a partir de un suelo de textura franco arcilloso. Los crudos que se usaron son de origen mexicano (Tintal el cual tiene como características el ser un crudo pesado, con una densidad de 1.0-0.92 g cm⁻³ y el crudo Olmeca que es un crudo súper ligero con una densidad menor a 0.83 g cm⁻³).

Configuración instrumental utilizada y condiciones experimentales

La configuración instrumental utilizada en este trabajo se compone de un generador de espacio de cabeza Agilent 7694, una línea de transferencia termostataada, un cromatógrafo de gases Agilent 6890 con un modulo de calentamiento acelerado de la columna (MACH) y un espectrómetro de masas cuadrupolar (HP 5973N). El gas portador utilizado para la realización del trabajo es helio (pureza del 99.99%). En el generador de espacio de cabeza la temperatura del horno fue programada a 90 °C por 30 minutos y la línea de transferencia a 100 °C, el tiempo de equilibrado entre viales fue de 20 minutos. En el Cromatógrafo de gases la temperatura inicial de 250 °C por un tiempo de 10.80 minutos. El modo de inyección fue Split caliente (250 °C) con una relación 1:10. Las condiciones experimentales del MACH fueron inicialmente una temperatura de 45 °C durante 2.5 min incrementándose a una velocidad de 70 °C/min hasta 175 °C. A partir de esta temperatura se programó una rampa de 45 °C/min hasta 240 °C (la cual se mantuvo a esa temperatura por 5 min).

En el espectrómetro de masas. La fuente de ionización es de impacto electrónico, con un voltaje de ionización de 70 eV. La temperatura de la fuente de ionización fue de 230 °C y la del cuadrupolo 150 °C. El tiempo de adquisición de los datos fue de 10.80 min, en un intervalo de masa de 45 a 300 da, el modo de análisis de detección usado fue SCAN.

El suelo fue secado a temperatura ambiente y tamizado a 1 mm de diámetro, posteriormente se colocaron en frascos de vidrio para doparlas con una concentración de 40000 ppm de petróleo. Estas muestras fueron homogeneizadas y colocadas en bandejas de aluminio y puestas en campanas de extracción. Las mediciones se realizaron en cuatro tiempos, (0, 25, 37 y 167 horas), el método de muestreo fue realizado por triplicado desde el inicio de la evaluación.

El programa utilizado para recoger los datos y generar los cromatogramas fue el Enhanced ChemStation, G1701CA Ver. C. 00.00 de Agilent Technologies. La identificación de los compuestos se realizó con la base de datos NIST'98 (NIST/EPA/NIH Mass Spectra Library, versión 1.6). La representación bidimensional (figuras de contornos) se realizó con el programa Matlab (The MathWorks, Inc v6.5.0.180913^a 1984-2002).

Resultados

Cromatogramas de iones totales de los crudos Olmeca y Tintal.

Los cromatogramas de muestras contaminadas por compuestos derivados del petróleo crudo presentan una serie de picos característicos de hidrocarburos con una envolvente en forma de campana correspondiente a la fracción de hidrocarburos no resueltos.

El crudo que presenta señales más intensas durante el tiempo de evaluación es el tintal, sin embargo para ambos crudos se produce una disminución de la intensidad de las señales con el tiempo y ésta es más rápida para las señales de la zona inicial del cromatograma. Como era de esperar, los compuestos más volátiles son los que más rápidamente se pierden mientras que el tiempo de permanencia es mayor para los compuestos menos volátiles cuyas señales presentan tiempos de retención mayores. A las 37 horas de análisis todas las señales correspondientes a compuestos con tiempos de retención inferiores a 5 minutos desaparecen casi por completo en los dos crudos estudiados.

Cromatogramas de iones seleccionados del crudo Tintal.

La utilización de cromatogramas de iones seleccionados permite seguir la evolución con el tiempo de compuestos o grupos de compuestos específicos. En la figura 1 se muestran los cromatogramas correspondientes a las relaciones m/z 105, 128 y 142. La primera de estas relaciones masa/carga (m/z) es característica de C2 y C3 bencenos así como de algunos C4 bencenos. La relación m/z 128 es característica del naftaleno y la relación m/z 142 es característica de los metilnaftalenos. En la figura puede observarse que la variación con el tiempo de las intensidades de estas señales es bien diferente.

En el cromatograma correspondiente a $m/z=105$ se observa que se produce una disminución rápida de los compuestos con tiempos de retención menores (compuestos marcados como 1 y 2) mientras que los menos volátiles (tiempos de retención mayores) permanecen más pudiendo medirse, incluso después de 37 horas. La evolución del naftaleno es posible seguirla a partir de la relación m/z 128 y se observa que su porcentaje aumenta significativamente al pasar de 0 a 25 horas debido a la pérdida de compuestos más volátiles. Al pasar de 25 a 37 horas ya es apreciable la disminución de su concentración, sobre todo si se compara con la variación de señales correspondientes a compuestos menos volátiles como los metilnaftalenos, los que más tiempo permanecen de entre los estudiados.

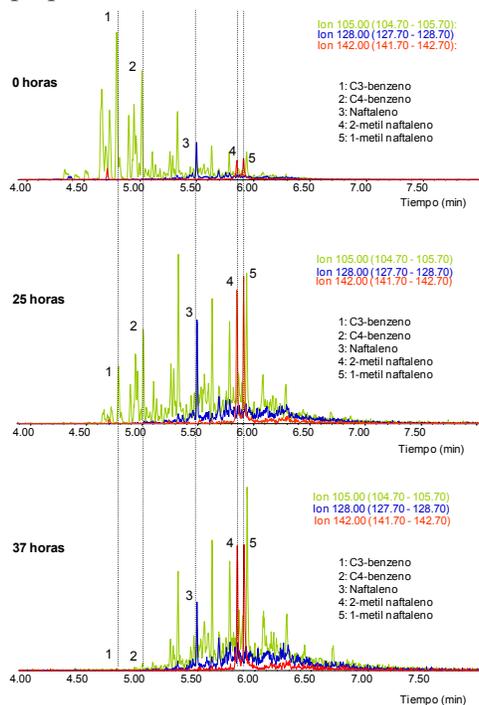


Figura. 1. Cromatogramas de los iones m/z 105, 128, 142.

Representación bidimensional de los cromatogramas obtenidos.

En la figura 2 se muestran las representaciones bidimensionales, mostrando ampliaciones de las zonas características de los compuestos seleccionados en el apartado anterior. En ambos crudos desaparecen los hidrocarburos más ligeros al cabo de 37 horas. La señal correspondiente a la relación m/z 105, característica de los compuestos C3-benceno y C4-benceno, desaparece en los dos crudos cuando han transcurrido 37 horas. Sin embargo, el naftaleno (m/z 128) y los metilnaftalenos (m/z 142) permanecen en las muestras a las 37 horas. En las figuras se han marcado con rectángulos rojos las zonas correspondientes a estos cinco compuestos.

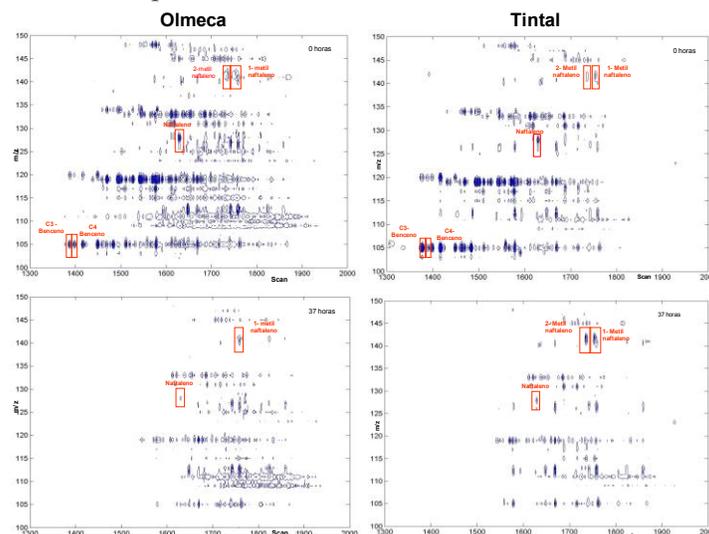


Figura 2. Representación bidimensional del cromatograma correspondiente a los iones extraídos, del crudo Olmeca.

Literatura citada

- Del Nopal S.M., Pérez P.J.L., Fernández L.M.E., García P.C., Moreno C.B. 2005. Factors affecting signal intensity in headspace mass spectrometry for the determination of hydrocarbon pollution in beach sands. *Anal. Bioanal. Chem.* 382: 372.
- Pérès, C., Viallon C., and Berdagué J. L. 2002. Curie point pyrolysis-mass spectrometry applied to rapid characterization of cheeses. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 65:161-171.
- Pérez P.J.L., Del Nopal S.M., García P.C., Fernández L.M.E., Moreno C.B., Guerrero P.A. 2003 A method for the detection of hydrocarbon pollution in soils by headspace mass spectrometry and pattern recognition. *Analytical Chemistry*. 75:2034. (a)
- Pérez P.J.L., Del Nopal S.M., García P.C., Fernández L.M.E., Moreno C.B. 2003. Calibration Transfer for Solving the Signal Instability in Quantitative Headspace-Mass Spectrometry. *Anal. Chem.* 75: 6361 (b)
- Pérez P.J.L., Del Nopal S.M., García P.C., Fernández L.M.E., Moreno C.B. 2004. Determination of benzene in gasoline using direct injection-mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* vol. 1048 pag 133. (a)
- Pérez P. J.L., Guerrero P.A., García P.C., Moreno C.B. 2004. Detection of soils pollution by hydrocarbons using headspace-mass spectrometry and identification of compounds by headspace-fast gas chromatography-mass spectrometry. *J. Chromatogr. A* 1047:101-109. (b)
- Viktorova O.S., Kogan V.T., Manninen S.A., Kotiaho T., Ketola R.A., Dubenskii B.M., Parinov S.P., Smirnov O.V. 2004. Utilization of a Multimembrane Inlet and a Cyclic Sudden Sampling Introduction Mode in Membrane Inlet Mass Spectrometry. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 15:823.
- Xie G., Barcelona M.J., Fang J. 1999. Quantification and Interpretation of total Petroleum Hydrocarbons in Sediments Samples by a GC/MS Method Comparison with EPA 418.1 and Rapid Field Method. *Analytical Chemistry* 71(9):1899-1904.

COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS PARA LA DETERMINACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE UN VERTISOL DE LA REGIÓN CENTRAL DE MÉXICO POR PRINCIPIO DE OXIDACIÓN

Soto González Erick¹, Cid Solorio Jorge Alejandro¹, García Fragoso Roberto Gregorio¹, Aguirre Gómez Arturo¹.

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: eriptron@comunidad.unam.mx

Resumen

Las determinaciones analíticas oficiales relacionadas con el suelo están legisladas en México por la NOM-021-SEMARNAT-2000. Dicha norma establece, para la determinación del contenido de materia orgánica en los suelos, un análisis por oxidación química con dicromato de potasio (método Walkley y Black). En dicho método, la utilización de Cr (VI) y generación de residuos de Cr (III) resulta un riesgo hacia la salud y el medio ambiente. En el presente trabajo se compara el desempeño del método mencionado contra la de un método alternativo para la determinación de materia orgánica: método por pérdida de ignición "loss-on-ignition" (LOI). Se evalúa el desempeño de LOI frente a la oxidación crómica, realizando modificaciones en temperatura, tiempo y masa de suelo, para elegir las mejores condiciones de operación, utilizando un Vertisol, suelo representativo de la región geográfica donde se realizó dicha investigación.

Palabras clave: *pérdida por ignición (LOI), oxidación crómica Walkley y Black, materia orgánica.*

Abstract

Official soil analysis in Mexico is regulated by NOM-021-SEMARNAT-2000. This regulation states, for organic matter content assessment, a potassium dichromate oxidation titration (Walkley and Black method). In this method, Cr (VI) is needed and Cr (III) is produced, which results in a health and environmental risk. In this work Walkley and Black method is compared with an alternative for organic matter assessment: loss-on-ignition method (LOI). LOI performance is evaluated versus chromic oxidation, modifying temperature, time and soil mass, in order to choose the best operating conditions, using a Vertisol, representative soil of the geographic region where this research was carried on.

Key Words: *Loss on ignition (LOI), Walkley and Black, determination organic matter.*

Introducción

La materia orgánica del suelo (MOS) derivada de la descomposición de plantas y animales, desempeña un papel importante en la fertilidad, erosión, ciclo de nutrientes, productividad y capacidad hídrica del suelo. En general, la determinación del carbono orgánico (CO) de las fracciones de la materia orgánica y de la materia orgánica total (MOT) del suelo se realiza por un método muy usado en la mayoría de los laboratorios, implementado por primera vez por (Walkley & Black, 1934), el cual tiene una incertidumbre significativa respecto a la oxidación de componentes distintos a la MOS y a la proporción total de materia orgánica del suelo que se oxida tal como reporta Douglas (2010). Actualmente, una de las preocupaciones más importantes en diversos ámbitos de la ciencia es el medio ambiente y la generación de residuos de ácido, Cr (VI) y Cr (III) es disuasiva para su utilización. Por el contrario, el método de ignición (Davies, 1974), donde recientemente se ha utilizado en una amplia gama de aplicaciones, ha determinado con precisión el contenido de materia orgánica del suelo (Cambardella et al, 2001; Konen et al, 2002; DeLapp y LeBoeuf, 2004; Bellamy et al, 2005). También existe la determinación mediante el uso de un analizador de CO₂ (Cambardella et al., 2001), sin embargo, esta es una técnica cara por la instrumentación e insumos requeridos. En este trabajo se compara el desempeño de los siguientes métodos: (1) Oxidación por el método Walkley & Black de la materia orgánica con K₂Cr₂O₇, y (2) Método por pérdida de ignición (LOI) (Nelson y Sommers, 1982; Houba et al., 1989). De acuerdo a Ratnayake y colaboradores (2007) a un determinado rango de temperatura grupos de compuestos orgánicos se oxidan en función de sus energías de activación. Mitchell (1932) informó que las temperaturas de entre 350 y 400 ° C son adecuadas. Davies

(1974) muestra que incluso una temperatura de 430 ° C podría ser utilizada aun en presencia de carbonato de calcio sin errores. Según los siguientes autores, determinan la razón de pérdida de acuerdo al cuadro A.

Cuadro A. Comparación de las condiciones de acuerdo a cada autor.

Autor.	Rango de temperatura
Miyazawa y colaboradores (1999)	T < 100°C por pérdida de agua
Ben Dor y Banin (1989)	T = 50°C – 100°C pérdida de agua
Miyazawa y colaboradores (1999) (Wendlandt, 1986; Beltran et al., 1988)	T = 200-280°C descomposición de grupos carboxilo y fenólicos, o compuestos de bajo peso molecular
Miyazawa y colaboradores (1999)	T = 270°C - 370°C oxidación del carbono orgánico.
Ben Dor y Banin (1989)	T = 100° - 400° C pérdida de materia orgánica
	T = 380°C – 530°C deshidroxilación de hidróxidos metálicos.
	T= 200 – 700°C deshidroxilación de los filosilicatos
	T= 700 – 1000°C descarboxilación de carbonatos

Michael E. Konen y colaboradores (2002) concluyen que no existe una ecuación universal para predecir la MOS por el método de LOI, ya que como evidencia de otros estudios y el suyo demuestran que el elegir la temperatura y tiempo de combustión de la muestra son variables críticas de acuerdo a la región geográfica del cual proviene el suelo, debiendo considerarse cuando se determina la MOS.

Materiales y Métodos

Siguiendo a Davies (1974), Nelson y Sommers, (1982); Houba y colaboradores (1989) se optó por seleccionar variables experimentales pertinentes al desarrollo del método, las cuales son: Temperatura (350°, 550° C), tiempo (1, 2, 4 y 6 h), masa (5, 25 y 40 g.). Material: mufla FURNANCE 1500, balanza analítica, crisoles de porcelana, estufa, pinzas para crisol, desecador. Para el desarrollo analítico de la materia orgánica en el suelo se consideran la relación de materia orgánica del suelo y la masa sometida a ignición del suelo seco, como una función de pérdida de peso, en Walkley – Black el procedimiento para la determinación de materia orgánica del suelo se realizó a través del método AS-07, (NOM-021-SEMARNAT-2000), modificando el tiempo de oxidación a 1, 2, 3 y 4 h. El análisis se realiza a través de volumetría en retroceso por oxidación del sulfato ferroso con dicromato de potasio.

Resultados y Discusión

Tabla 1. %MOS por LOI.

T °C	g.	Tiempo en horas	%MO	Desv std	D.E.R
T(350)	5g	t(1)	7.36	0.0077	0.105
		t(2)	9.07	0.0013	0.015
		t(4)			
	25g	t(6)	9.74	0.0050	0.051
		t(1)	8.02	0.0245	0.306
		t(2)	8.41	0.0029	0.035
	40g	t(3)	9.01	0.0024	0.027
		t(4)	10.38	0.0058	0.056
		t(1)	7.47	0.0008	0.011
		t(2)	7.91	0.0029	0.036
		t(4)			
		t(6)	10.55	0.0044	0.041



Imagen A. Muestra antes de ignición



Imagen B. Después de ignición T (350)

T(550)	5g	t(1)	12.36	0.0031	0.025	
		t(2)	12.28	0.0066	0.053	
		t(4)	13.03	0.0042	0.032	
		t(6)				
	25g	t(1)	10.43	0.0027	0.026	
		t(2)	11.87	0.0036	0.030	
		t(4)	13.16	0.0047	0.036	
		t(6)				
	40g	t(1)	10.58	0.0008	0.029	
		t(2)	11.47	0.0029	0.031	
	T(750)	25g	t(2)	14.13	0.0021	0.015



Imagen C. Después de ignición T (550)



Imagen D. Después de ignición T (750)

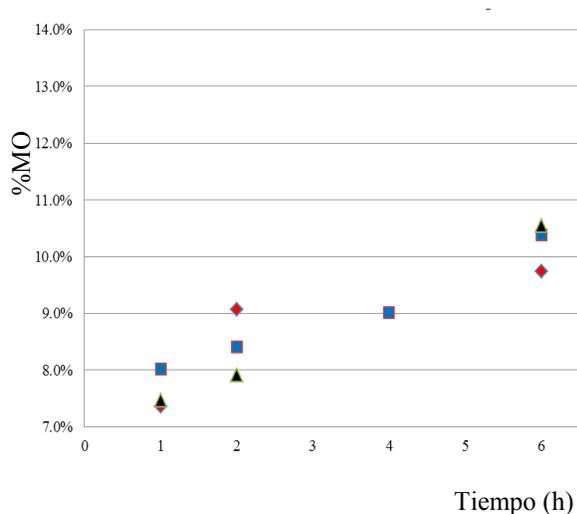


Figura 1. %MO T (350) en función del tiempo

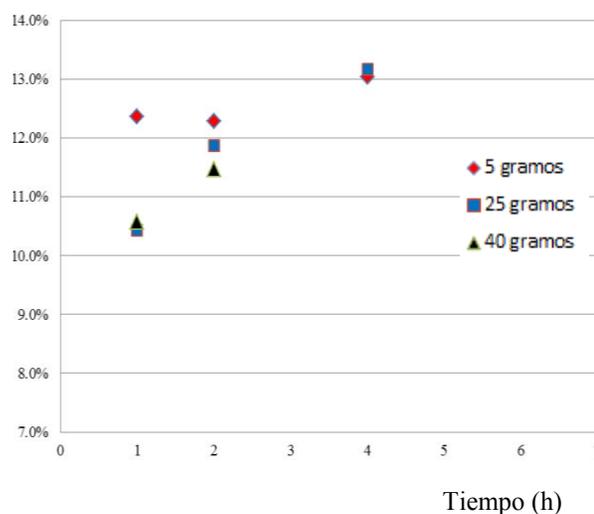


Figura 2. %MO T (550) en función del tiempo

Tabla 2. % MOS por Walkley –Black.

Horas de oxidación	% MOS	Desv std	D.E.R.
.5	9.67	0.0266	0.0028
1	10.96	0.2846	0.0260
2	11.15	0.1652	0.0148
3	11.94	0.5483	0.0459
4	11.96	0.5933	0.0496

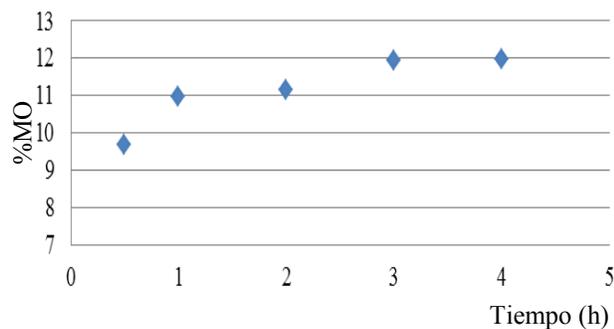


Figura 3. % MO – Walkley –Black en función del tiempo.

Análisis y Discusión

Efecto de la temperatura y masa en LOI

Todos los experimentos presentan, en general, un comportamiento similar: la pérdida porcentual de masa aumenta para todas las masas, al incrementarse la temperatura. Dentro de una misma temperatura, aumentan al incrementarse el tiempo (Figs. 1 y 3). No obstante, la tendencia en la figura 3 es diferente para una masa de 5 g donde 2 h a T (550) la cuantificación es ligeramente menor que a 5g, 1h, T (550), aunque la desviación estándar relativa (DER) de 0.053 y de 0.025 respectivamente hagan posible una explicación en términos de dispersión (tabla 2). A temperatura de T (750) se observa la mayor pérdida de masa de todos los casos, por encima de 14%, cabe destacar que el color del suelo después de esta condición de reacción toma un color rojizo-anaranjado (Imagen D.) hecho que sugiere relación con una deshidroxilación de las superficies oxídicas-hidroxídicas de Fe^{3+} , lo que conduciría a una sobreestimación. También a esta temperatura ocurre la descarboxilación de los carbonatos, la cual, si bien puede postularse, requeriría de conocer la cantidad exacta de carbonatos en el suelo para predecir el orden de la variación atribuible a ellos A T (550) la cuantificación es adecuada, ya que el cambio de color a rojizo-naranja después de la ignición es muy ligero respecto a T (750), (Imagen C.), por lo tanto se descarta sugiere una pérdida de peso no significativa a causa de la deshidroxilación frente a la pérdida de peso por materia orgánica. Se observa que, en general, las masas superiores dan cuantificaciones inferiores, es decir, se encuentra más pérdida de peso porcentual con menos masa. Dicha observación puede deberse a la conducción más eficiente del calor en la muestra, aunque se observa una convergencia de valores hacia mayores tiempos y temperaturas, entendibles como consecuencia de una oxidación exhaustiva.

A T (550) (10 – 13% MOS) el porcentaje de materia orgánica cuantificada por LOI es similar a Walkley – Black, (9 – 12% MOS), En el caso de la oxidación crómica los intervalos de tiempo de 1 h (9.67 %MOS) a 4 horas (11.96 %MOS) dan los límites dentro de los cuáles se halla el valor cuantificado. Existe una tendencia a mantenerse constante el valor con el aumento del tiempo, por parte de la oxidación crómica (Fig. 2). En comparación con LOI, Walkley-Black presenta resultados de dispersiones menores, debido la oxidación en el sistema acuoso llega a un límite en el tiempo (Fig. 2). Lo anterior se debe a que no se efectúa una oxidación total de la MOS, hecho que se podría sugerir toda vez que LOI a T (550) 25g, 4h arroja un resultado de 13.16 % MOS frente a 11.96 % que el máximo tiempo de la oxidación crómica logra cuantificar. Se puede considerar entonces que el método de Walkley – Black tiene una selectividad mayor a la materia orgánica nueva, quedando excluidas las formas más recalcitrantes y menos accesibles de materia orgánica, una posible incertidumbre en la cuantificación. Adicionalmente, el resultado de la cuantificación depende del factor de conversión usado. De acuerdo a Pribyl (2010) el factor 1.724 de Van Bemmelen –utilizado en Walkley-Black- es demasiado bajo, y concluye que no es un factor universal ya que el factor puede estar influenciado por la cubierta vegetal, la composición de la materia orgánica, la profundidad en el perfil, grado de descomposición, la cantidad de materia orgánica y arcilla en el suelo, lo cual podría reflejar las diferencias reales en el contenido de carbono de la materia orgánica, el cual enfatiza la importancia de aplicar este método por ignición, requiriendo un estudio más profundo para poder aplicar el factor de manera precisa, con lo que se enfatiza la importancia de LOI. Broadbent (1953) indica que el factor más adecuado a suelos superficiales es 1.9 y para muchos subsuelos 2.5.

Conclusiones

Se logró determinar la materia orgánica del suelo, contrastando la eficacia del método LOI en comparación con Walkley – Black, logrando elegir las mejores condiciones de la siguiente forma: si se sospecha una alta concentración de hidroxocomplejos metálicos, se puede elegir 40 g a T (350) 6h, pero si se trata de un suelo rico en MO y se sospecha de deshidroxilación, a 350°C dará una baja estimación de la MOT (Boyle, 2004). En esta investigación el suelo Vertisol, rico en materia orgánica, muestra que a 550°C no sufre deshidroxilación ni se sospecha pérdida significativa de masa debida a reacción de

carbonatos, por ello, es recomendable usar las siguientes condiciones: T (550°C) 25g, T (4 horas) manteniendo una DER por debajo de 0.05. Finalmente se concluye que el método por LOI es una opción económica, precisa, segura, ecológica y muy aceptable para cuantificar la MO de un suelo de textura franca como el vertisol evitando usar el método Walkley – Black el cual no es amigable con el medio ambiente.

Literatura Citada

- Davies B.E. (1974). Loss-on-ignition as an estimate of soil organic matter. Soil Science Society of America. Proceedings.
- H. Konare¹, R. S. Yost^{2*}, M. Doumbia¹, G. W. McCarty³, A. Jarju⁴ and R. Kablan² (2010) *Loss on ignition: Measuring soil organic carbon in soils of the Sahel, West Africa*. 1Labo SEP, Institut d'Economie Rurale, BP 262 Bamako-Mali. 2University of Hawai'i, 3190 Maile Way, St. John 102, Honolulu, Hawaii 96822, USA. 3USDA-ARS, Hydrology and Remote Sensing Laboratory, Beltsville, Maryland, USA. 4National Agricultural Research Institute, Gambia.
- John Boyle (2003) *A comparison of two methods for estimating the organic matter content of sediment.s* Department of Geography, University of Liverpool, P.O. Box 147, Liverpool L69 3BX, UK
- Konen M, Jacobs PM, Burras CL, Talaga BJ, Mason JA (2002). Equations for Predicting Soil Organic Carbon Using Loss-on-Ignition for North Central U.S. Soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 66: 1878-1881.
- Lal R. (2008). *Soils and Sustainable Agriculture – A review*. Agronomy Sustain. Dev. Soil Sci. Soc. Am.
- Ludmila La Manna¹, Carlos Buduba ; Virginia Alonso; Miguel Davel; Carolina Puentes & Jorge Irisarri, (2007) *comparación de métodos analíticos para la determinación de materia orgánica en suelos de la región andino-patagónica: efectos de la vegetación y el tipo de suelo*. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP). CC 14, 9200 Esquel, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Ruta 259 km , 9200 Esquel, Chubut. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA Esquel). Universidad Nacional del Comahue
- M. Miyazawa^{1*}, M.A. Pavan¹, E.L. de Oliveira¹, M. Ionashiro² and A.K. Silva³ (2000) *Gravimetric Determination of Soil Organic Matter*. IAPAR, C. Postal 481, CEP 86001-970, Londrina - PR, Brazil;. 2UNESP, Inst. Química, C. Postal 355, CEP 14800-900, Araraquara - SP, Brasil;. 3UEL, C. Postal 6001, CEP 86051-970, Londrina - PR, Brazil
- Nelson DW, Sommers LE (1996). *Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods, 961-1009*. Madison WI:Book ser.N°5, SSSA.
- Nichols, JD 1984. *Relation of organic-carbon to soil properties and climate in the Southern Great Plains*. Soil Sci. Soc. Am. J., 48: 1382-1384.
- Ratnayake R. R. Seneviratne and Kulasoorya (2007) *A Modified Method of Weight Loss on Ignition to Evaluate Soil Organic Matter Fractions*. Institute of fundamental Studies, Hantana Road, Kandy, Sri Lanka, Department of Botany, university of Peradeniya, Sri Lanka.
- Videla, L. S., Rostagno C. M.(2008) *materia orgánica particulada: comparación de métodos para su determinación y su valor como indicador de calidad de suelos del chubut* Centro Nacional Patagónico-CONICET. B. Brown S/N (9120) Puerto Madryn, Chubut.
- Walkley A.J, Black I.A (1934). *An estimation of the Degtjareff method for determining of soil organic matter and a proposed modification of chromic acid titration method*. Soil Sci.

PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO AGRÍCOLA SUSTENTABLE DE LOS ACUÍFEROS DE LA CUENCA DE LAGUNA SECA GUANAJUATO, MÉXICO

Pulido Madrigal, L.¹, P. Lázaro Chávez¹ y J. González Meraz¹

¹Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8,532, Progreso, 62,550 Jiutepec, Morelos. lpulido@tlaloc.imta.mx.

Resumen

El presente estudio se desarrolló con el propósito de proponer medidas para el aprovechamiento sustentable de los acuíferos de la cuenca de Laguna Seca, Guanajuato, México. A partir del registro de los 1,126 pozos existentes, se determinó que el volumen de agua utilizado para la producción agropecuaria de la cuenca es de 281.088 hm³ anual. La recarga obtenida a partir de datos de estudios previos fue de 147.208 hm³ anuales, misma que sería la extracción sostenible de los acuíferos. Si se considera que cada año se extraen 297.507 hm³ para los usos agropecuario, doméstico e industrial, el déficit actual de agua subterránea es de 150.299 hm³ por año. De los 147.208 hm³ de recarga, los usos de agua urbano e industrial dispondrían de 16.419 hm³ por año. Se propusieron alternativas de carácter técnico para equilibrar el volumen extraído con el volumen de recarga. La primera alternativa, que consideró la tecnificación del total de las 21,463 ha físicas de riego de la cuenca, no permitiría un equilibrio entre la recarga y las extracciones de agua. En una segunda alternativa se redujo proporcionalmente la superficie para cada cultivo hasta que se encontró un volumen de equilibrio igual a 130.789 hm³, disponible para el uso agrícola; en esta alternativa se contempló la tecnificación de la superficie total. La tercera alternativa es una combinación de las anteriores, ya que considera la tecnificación de toda la superficie de riego, así como el cierre de ciertos pozos para equilibrar las extracciones con la recarga.

Palabras clave: agua subterránea, pozo, extracción de agua, sobreexplotación, agricultura de riego, tecnificación, plan de acciones.

ESTUDIO DEL GRADO DE CONSERVACIÓN Y LA DIVERSIDAD DEL GRUPO DE PROTISTAS Y ALGAS PRESENTES EN EL "LAGO GRANDE" EN LA CANTERA ORIENTE, RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL, UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escalona Prado César Emiliano¹, Orozco Nolasco Paola Ivette¹, García Bulle Bueno Francisco¹, Gutiérrez Carranza Ishwari Giovanni¹, Antonio Lot Helgueras², Francisco Martínez Pérez², Adelaida Ocampo López³, Tobías Portillo Bobadilla³ y Tomás Rodríguez⁴

Estudiantes de Biología¹, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel², Profesores de asignatura, Carrera de Biología³, Facultad de Ciencias e Instituto de Ecología⁴, Universidad Nacional Autónoma de México.

E-mails: cesarescalobatmitdc27@hotmail.com¹, gtz.c.ishwari@gmail.com, pion26dog@hotmail.com, fgarciabulle@gmail.com, yoyitos5020@gmail.com, derepsa@sid.unam.mx, pacote4433@hotmail.com, adelaidao@gmail.com, tobiasportillo@gmail.com, trodriguez@ecologia.unam.mx

Resumen

El presente trabajo se realizó en la Cantera Oriente, parte de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, con base en un muestreo en distintos puntos del Lago Grande, tomando submuestras de sustrato, agua y fragmentos de raíz. Después del muestreo; se llevo a cabo una siembra en los siguientes medios de cultivo: caldo nutritivo de chícharo, jugo V8, caldo nutritivo de arroz y paja. El mejor medio de cultivo para el desarrollo de protistas y algas fue el de chícharo en donde se registraron 3 especies de ciliados, 2 especies de Bacillariophyta, 3 especies de Cianophyta, y 5 especies de Chlorophyta. El segundo mejor medio de cultivo fue el de arroz donde se registraron 2 especies de ciliados, 10 especies de Bacillariophyta, 4 especies de Chlorophyta, 2 especies de Cianophyta y 1 especie de Heliozoo. Como resultados se encontró una gran diversidad en protistas y específicamente algas y diatomeas lo cual indica que es un bioindicador de la conservación del ecosistema. Con base en la diversidad y número de especies registradas por primera vez para el Lago Grande se puede concluir que el ecosistema de la Cantera Oriente ha sido restaurado y se mantiene conservado.

Palabras claves: *Bacillariophyta, Chlorophyta, Cianophyta, Heliozoo.*

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE LOS PROTISTAS Y ALGAS EN LOS ECOSISTEMAS DE LA LAGUNA DE MANDINGA GRANDE, EL ESTERO DEL AMOR Y LAS PLAYAS DE VERACRUZ

García Bulle Francisco¹, Gutiérrez Carranza Ishwari Giovanni¹, Vazquez Camacho Catalina¹, González Sandoval Belén¹, Ocampo López María Adelaida² y Portillo Bobadilla Tobías².

Biología de Protistas y Algas Grupo 5020¹, Profesores de Asignatura A. ², Facultad de Ciencias, UNAM., Facultad de Ciencias, UNAM. fgarciabull@gmail.com¹, gtz.c.ishwari@gmail.com¹, sharki_1992@hotmail.com¹, belen_lamaga@hotmail.com¹, yoyitos5020gmail.com², adelaidao@gmail.com², tobiasportillo@gmail.com².

Resumen

El presente trabajo se realizó en la Laguna de Mandinga y las costas de Veracruz, la cual es una área importante y con una gran biodiversidad. El muestreo fue realizado en distintos puntos de la Laguna y las costas, de sustrato, arena, piedras, agua y algas. Como resultados se encontró una gran diversidad en protistas y específicamente algas macroscópicas y diatomeas lo cual indica que los altos niveles de conservación en las playas de Veracruz. Después del muestreo; se llevó a cabo un análisis de cada una de las muestras tomadas; donde se registraron: cinco especies de Ciliados (*Nassula sp.*, *Paramecium sp.*, *Paramecium sp.*, *Paramecium sp.*, *Strobilidium sp.*), tres especies de Baciliariophyta (*Amphora reichardtiana*, *Amphora ventricosa*, *Chaetoceros sp.*, *Diploneis obliqua*), dos especies de Flagelados (*Ceratium tripos*, *Peridinium sp.*), dos especies de Chlorophyta (*Actinochloris sphaerica*, *Ulva fasciata*), una especie de Heterokontophyta (*Sargassum sp.*), una especie de Rhodofita (*Soliera filiformis*) y una especie de Cianophyta (*Calothrix clausa*). Estos hallazgos indicaron un alta diversidad de organismos adaptados a un ecosistema marino". Con base en la diversidad y número de especies encontradas se puede concluir que los ecosistemas marinos en Veracruz se mantienen altamente conservados y deben proteger e impedir su posterior contaminación.

Palabras clave: Punta de Antón Lizardo, Mandinga, ciliados, flagelados, dinoflagelados, algas, diatomeas, biodiversidad.

Abstract

This work was carried out at Mandinga's Lagoon and the coasts of Veracruz, which is an important area with high biodiversity, sampling was carried out in different parts of the lagoon and coasts, samples like substrate, sand, stones, water and algae. At the end we found a great diversity of protists and macroscopic algae also lots of diatoms all of this indicating the high levels of conservation on the beaches of Veracruz. After sampling, an analysis of each of the samples were made and recorded: five species of Ciliates (*Nassula sp.*, *Paramecium sp.*, *Paramecium sp.*, *Paramecium sp.*, *Strobilidium sp.*), four species of Baciliariophyta (*Amphora reichardtiana*, *Amphora ventricosa*, *Chaetoceros sp.*, *Diploneis obliqua*), two species of Flagellates (*Ceratium tripos*, *Peridinium sp.*), two species of Chlorophyta (*Actinochloris sphaerica*, *Ulva fasciata*), one species of Heterokontophyta (*Sargassum sp.*), one species of Rhodophyta (*Soliera filiformis*), and one species Cianophyta (*Calothrix clausa*). These findings indicated the high diversity of organisms adapted to a marine ecosystem. Based on the diversity and number of species found it was concluded that marine ecosystems in Veracruz remain highly conserved and must be protect and prevent of further contamination.

Key Words: Punta de Antón Lizardo, Mandinga, ciliados, flagelados, dinoflagelados, algas, diatomeas, biodiversidad.

ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DEL GRUPO DE CILIADOS, ALGAS VERDES Y DIATOMEAS EN LA RESERVA ECOLÓGICA "RÍO PANCHO POZAS", ALTOTONGA, VERACRUZ

Orozco Nolasco Paola Ivette¹, Escalona Prado César Emiliano¹, Adelaida Ocampo López², Tomás Rodríguez³ y Tobías Portillo Bobadilla².

Estudiantes de Biología¹, Profesores de Asignatura², Carrera de Biología, Facultad de Ciencias e Instituto de Ecología³, Universidad Nacional Autónoma de México. E-mails cesarescalobatmitdc27@hotmail.com, pion26dog@hotmail.com, adelaidao@gmail.com, trodriguez@ecologia.unam.mx³, tobiasportillo@gmail.com

Resumen

La colecta de muestras fue realizada en la Reserva Ecológica del Río Pancho Pozas, Altotonga, Veracruz, con dos capturas de muestras en distintos momentos y en zonas distintas. Posterior al trabajo en campo realizado en "Río Pancho Pozas" fue echo un análisis de comparación taxonómica con el objetivo de estimar la presencia y ausencia de ciliados y algas, culminando con la determinación de una especie de ciliado, una especie de Chlorophyta y cinco especies de Bacillariophyta (diatomeas), especies que representan la mayor parte de la micro diversidad en el río de la reserva, debido a que son unos de los principales productores del fitoplancton" energéticos del ecosistema.

Palabras Clave: *Altotonga, Biodiversidad, Bacillariophyta, Chlorophyta, Diatomeas, Ciliados.*

Abstract

We realized an study in the Ecological Reserve of Altotonga "Pancho Pozas's River", in Veracruz State. After two recollections in the river and on the rocks, we realized the identification and diversity analysis from the different organisms observed and determined at the microscope. The results and analysis obtained shows that the only richness species are one ciliate species, one Chlorophyta species and five species of Bacillariophyta (diatoms), which all of them are the main and primary producers of phytoplacnton and the only one organism fund living into the sediment of Natural Reserve of Pancho Pozas River.

Key Words: *Altotonga, Biodiversity, Bacillariophyta, Chlorophyta, Diatoms, Ciliate.*

ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE ALGAS EN EL ECOSISTEMA DEL RÍO PANCHO POZA, ALTOTONGA, VERACRUZ

Gutiérrez Carranza Ishwari Giovanni¹, García Bulle Francisco¹, Vázquez Camacho Catalina¹, González Sandoval Belén¹, Ocampo López María Adelaida² y Portillo Bobadilla Tobías².
Biología de Protistas y Algas Grupo 5020¹, Profesores de Asignatura A.², Facultad de Ciencias, UNAM.
gtz.c.ishwari@gmail.com¹, fgarciabulle@gmail.com¹, sharki_1992@hotmail.com¹,
belen_lamaga@hotmail.com¹, yoyitos5020gmail.com², adelaidao@gmail.com²,
tobiasportillo@gmail.com².

Resumen

El presente trabajo de investigación fue realizado en la reserva ecológica del río Pancho Poza, el cual es considerada un área natural protegida y se encuentra a la orilla norte del Valle de Perote. Se determinaron seis especies de diatomeas: *Amphora terroris*, *Asterolampra marylandica*, *Coscinodiscus curvatulus*, *Coscinodiscus granii*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella mexicana* y una especie de macroalga *Dictyota dichotoma* del Phylum Phaeophyta.

La gran diversidad de algas, diatomeas en sedimento y vegetación clímax indican que el ecosistema está bien conservado y preservado y se ha fijado por miles de años, finalmente puede ser considerado como un Área Natural Protegida.

Palabras clave: *Altotonga, protistas, alga y biodiversidad.*

Abstract

The present investigation work was conducted in the river Pancho Poza, the ecological reserve located on the northern edge of the Valley of Perote. There were six species of diatoms determined: *Amphora terroris*, *Asterolampra marylandica*, *Coscinodiscus curvatulus*, *Coscinodiscus granii*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cymbella mexicana* and one species of macroalgae *Dictyota dichotoma* from Phaeophyta Phylum.

The great diversity of algae, mainly diatoms in sediment and the climax vegetation indicated that this ecosystem is conserved and preserved as well, for thousands of years fixed and finally considered such as a Natural Protected Area of Altotonga, Veracruz.

Key words: *Altotonga, protists, algae and biodiversity.*

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE PROTISTAS Y ALGAS DENTRO DEL AMBIENTE RIPARIO DEL RIO PANCHO POZA EN ALTOTONGA, VERACRUZ

Loza Gómez Paola¹, Munguía Hernández Grecia Sofía¹, Sánchez Thomas Rosina¹, Silva Martínez Ana Frida¹, Aguirre Salcedo Citlali¹, Lot Helguera Antonio², Martínez Pérez Francisco², Ocampo López María Adelaida³, Portillo Bobadilla Tobias³ y Salcedo Vaca Minerva³.

Grupo 5020, Biología de Protistas y Algas, Facultad de Ciencias, UNAM¹. Profesores de asignatura A, Facultad de Ciencias, UNAM.³

E-mails: gsofia.munguia47@gmail.com, paolaloza.12@gmail.com, rosina@gmail.com, ana_frida46@hotmail.com, cali_07matacaam@hotmail.com, yoyitos5020@gmail.com, adelaidao@gmail.com, tobiasportillo@gmail.com, citlali9212@yahoo.com.mx

Resumen

El trabajo de investigación fue realizado en el ambiente ripario del Río Pancho Poza localizado en la Reserva Ecológica de Altotonga, Veracruz. Se realizó con el fin de observar la diversidad de organismos de protistas y algas para poder determinar si al ser declarada como reserva, esta contenía más diversidad y cantidad de organismos que otros lugares que no son decretados como tal. Se tomaron muestras de la cascada y de la orilla del río obteniendo un total de seis muestras diferentes. Los resultados obtenidos nos mostraron en la cascada, una especie de ameba del Phylum Flabellinea, tres especies de Chlorophyta y 16 especies de Bacilliarophyta, en comparación con los del río que mostraron únicamente siete especies de Bacilliarophyta. Al registrarse y determinar el alto número de especies de diatomeas encontradas en todas las muestras estudiadas como son las algas, las plantas, el sustrato y la raíz se concluye que el río es un hábitat adecuado para el desarrollo de protistas y algas que muestran el alto grado de conservación presente en este hábitat ripario.

Palabras clave: *Reserva, Pancho Poza, Chlorophyta, Bacilliarophyta, diatomeas, algas, conservación.*

Abstract

The research work was carried out in a riparian ecosystem called Pancho Poza's River in the Ecological Reserve of Altotonga, Veracruz. It was conducted to observe the diversity of the protists and algae organisms to determine if this whether to be declare as a reserve, this contained more diversity and amounts of organisms than in other places that are not declare as such. Samples will take in the waterfall and in the shore of the river taking a total of 6 samples. The results obtained show us in the waterfall 1 species of ameba of Phylum Flabellinea, 3 species of Chlorophyta and 16 species of Bacilliarophyta, compared with the river that shows only 7 species of Bacilliarophyta. The final analysis of highest number of species of diatoms founded in all the studied samples such as algae, plants, substrate and roots concludes that the river is an adequate habitat to the development of protists and algae that show a high degree of conservation present in this riparian habitat.

Key words: *Reserve, Pancho Poza, Chlorophyta, Bacilliarophyta, diatoms, algae, conservation.*

ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE LOS PROTISTAS Y ALGAS EN EL ECOSISTEMA RIPARIO DE LA CANTERA ORIENTE, RESERVA ECOLÓGICA DEL PEDREGAL DE SAN ÁNGEL. CIUDAD UNIVERSITARIA, UNAM. DISTRITO FEDERAL, MÉXICO

Munguía Hernández Grecia Sofía¹, Loza Gómez Paola¹, Sánchez Thomas Rosina¹, Silva Martínez Ana Frida¹, Aguirre Salcedo Citlali¹, Lot Helgueras Antonio², Martínez Pérez Francisco², Ocampo López María Adelaida³ y Portillo Bobadilla Tobias³.

Grupo 5020, Biología de Protistas y Algas, y Profesores de asignatura A, Facultad de Ciencias, UNAM^{1,3}. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Cantera Oriente, Programas Universitarios, Planta Alta, Facultad de Química, UNAM². E-mails: gsofia.munguia47@gmail.com¹, paolaloza.12@gmail.com, rosina@gmail.com, ana_frida46@hotmail.com, cali_07matacaam@hotmail.com, yoyitos5020@gmail.com, repsa@sid.unam.mx, adelaidao@gmail.com, tobiasportillo@gmail.com.

Resumen

El trabajo de investigación fue realizado en un ecosistema ripario cercano a la presa y en dirección al Lago Puma en la Cantera Oriente, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. En esta área se tomaron muestras a unos 10 metros de la presa; con dos puntos de muestreo localizados a una distancia de 8 metros entre cada punto de muestreo obteniendo 7 muestras en total. Los resultados obtenidos mostraron 7 especies de ciliados, 1 especie de flagelados, 2 especies de Cyanoprokaryota, 8 especies de Bacillariophyta, 3 especies de Chlorophyta y 1 especie de Xanthophyta. Por lo que se determina que existe una gran diversidad y riqueza de especies con una sucesión que muestra que en este ambiente se ha llevado a cabo una restauración de estos microhábitats, donde se distribuyen las especies registradas por primera vez. La gran diversidad de diatomeas encontradas nos muestran el alto grado de conservación que se ha llevado a cabo dentro de este ambiente ripario. Por lo tanto, se exhorta a la comunidad científica y estudiantil a preservar y estudiar esta área natural protegida en sus diferentes microambientes.

Palabras clave: *REPSA, Distrito Federal, protistas, algas, diatomeas, Cantera Oriente, conservación, riqueza, biodiversidad.*

Abstract

The research work was carried out in an ecosystem ripario near the dike and in the direction of the Lake Puma in the Cantera Oriente, Ecological Reserve of the Pedregal of San Ángel, UNAM. In this area were taken samples at 10 m from the dike; including two sampling points located to eight meters of distance between of its points. Per each point were obtained 7 subsamples of different substrate in order to grow these into a different culture media. The results showed seven species of ciliate, one species of flagellated, two especies of Cyanoprokaryota, eight species of Bacillariophyta, three species of Chlorophyta and one specie of Xanthophyta algae. However, the analysis shows that exists a great diversity and richness species of algae vs from the ciliate and flagellated group. Those succession of species indicate that into this microhabitats has taken the end of a restoration process. Also, all those species identified in this study are registered their distribution and abundance population for the first time. The great diversity and richness of Bacillariophyta species found in this riparian ecosystems shows a high degree of conservation and stable condition maintained by Commission of Ecological Reserve of the Pedregal of San Ángel, UNAM. Therefore all the authors exhort to scientist and student community to preserve this Protected Natural Area in order to make studies at its different microenvironments

Key Words: *REPSA, Distrito Federal, protist, algae, diatoms, Cantera Oriente, conservation, biodiversity, richness.*

Introducción

Los protistas y algas constituyen el tercer reino de microorganismos. Entre ellos se encuentran todos los organismos unicelulares típicos de los reinos animal y vegetal, todos son eucariontes, forman colonias temporales o permanentes de células poco diferenciadas.

Estos mismos grupos corresponden al dominio Eukarya debido a la estructura básica de la célula que se haya cubierta por toda una serie de orgánulos especializados. Este grupo de protistas y algas se desarrollan y distribuyen en ecosistemas terrestres y acuáticos y su riqueza y diversidad de especies depende del estado de fragmentación o conservación en estos ecosistemas como en las áreas naturales protegidas y prioritarias para la conservación.

En particular la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel como una Área Natural Protegida permite la protección de diversos ecosistemas como por ejemplo el matorral xerófilo, además de que protege y preserva a las especies silvestres que la habitan. Esta reserva al ser parte de la UNAM, es un área importante donde se realizan diferentes investigaciones, lo que ha generado varios proyectos y estudios con sus respectivas publicaciones.

Antecedentes

En la zona de la Cantera Oriente se pueden encontrar diferentes tipos de paisajes y ecosistemas terrestres y acuáticos, entre estos se encuentran el paisaje arbóreo y arbustivo, así como los paisajes lacustres y de humedales (www.cic.ctic.unam.mx).

Objetivos particulares

- Realizar un muestreo con el fin de obtener fragmentos de plantas, raíces, sedimento, agua y materia orgánica.
- Probar medios de cultivo, desarrollo y asilamiento de protistas y algas utilizando sustratos de paja, jugo V8, arroz, chícharo y alfalfa para estos medios.
- Determinación de las especies y grupos de protistas y algas aislados de los medios de cultivo para estimar la diversidad y riqueza de especies y de grupos.

Materiales y métodos

Para este estudio se realizó un muestreo en dos puntos (1), en el primer punto partida se recolectó materia orgánica, agua y raíces, las cuales fueron colocadas en frascos de vidrio y bolsas de plástico herméticas (2). Previamente se utilizó el equipo y materiales necesarios y adecuados para un muestreo en el ecosistema ripario, para ello se utilizaron trajes de neopreno y botas de hule para poder muestrear dentro del riachuelo (3).

Para el punto número dos se contaron ocho metros hacia la derecha de la presa aproximadamente y se volvió a muestrear del mismo modo que en el punto uno, con la diferencia de que se recolectaron unas costras macrobióticas (Con musgo).

Las muestras obtenidas en los dos puntos fueron conservadas durante 5 días en refrigeración, después de este tiempo se colocaron en los medios de cultivo preparados con jugo de chícharos, arroz, paja, alfalfa y jugo V8 (4 y 5) y se dejaron incubar a tres temperaturas distintas, refrigerador, temperatura ambiente del laboratorio y al rayo del sol. Los medios se realizaron tomando una pequeña cantidad, aproximadamente 20 mL de cada una de las muestras y se cubrieron con 30 mL de jugo de cada uno de los medios antes mencionados (6 y 7).

Todas las muestras fueron revisadas y observadas tanto en el microscopio estereoscópico como en el óptico a 100 X, con el fin de observar el estado de desarrollo y crecimiento de las diferentes muestras con sustratos y de los organismos de ciliados, flagelados, algas y diatomeas.

Todas las especies y géneros de protistas y algas encontrados fueron determinados con base en los trabajos publicados por Aladro *et al.*, (1990 y 2007) y Novelo *et al.*, (2007).



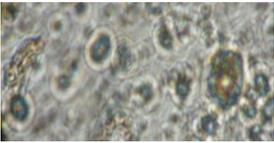
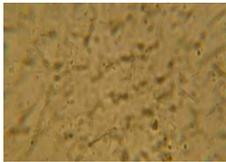
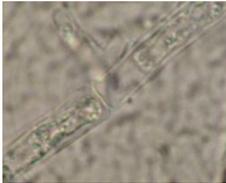
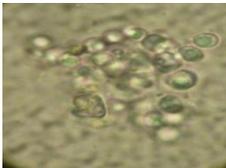
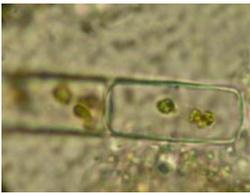
Figura 1. Zona de estudio, el método de muestreo, el equipo y los materiales utilizados para la obtención de muestras dentro del ambiente ripario cercano a la presa.

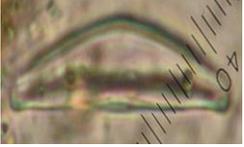
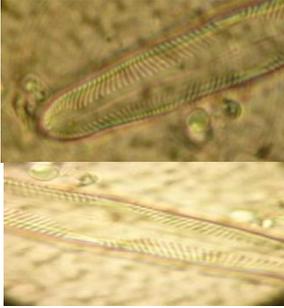
Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos de este estudio en el micro hábitat ripario tomando muestras a 8 metros de distancia y a 40 cm de profundidad y utilizando 5 medios de cultivo nos señalan que el sustrato y el medio de cultivo de jugo V8 fueron los más adecuados y en donde se lograron observar y determinar mayor número de especies en ciliados, flagelados, algas y diatomeas, ver Tabla 1.

Tabla 1.- Relación de especies encontradas y registradas en el río cercano a la presa en la Cantera Oriente; aisladas y determinadas en diferentes medios de cultivo y descripción del género o especie identificada.

Género y especie	Imagen digital	Características	Medio de cultivo
Ciliados			
Phylum Ciliophora			
Familia Vosticelliadae		Vacuola contráctil unicelular, con unalongitud de 100-125 micras de longitud con forma de campana invertida.	Sustrato a los 8 metros en V8
<i>Carchesium polipynum</i>			
Algas			

Phylum Cyanoprokaryota				
Familia Merismopediaceae <i>Aphanocapsa elachista</i> West & G.S. West		Diámetro de las células de 10 a 15 μm .		Materia orgánica en chicharo
Familia Chroococcaceae <i>Asterocapsa divina</i>		Colonias complejas con diferenciación marcada en las características de la vaina.		Materia orgánica en V8
Phylum Chlorophyta				
Familia Oedogoniaceae <i>Oedogonium sp.</i>		Alga de organización trical: filamentos fértiles.		Raíz en V8
Familia Oocystaceae <i>Oocystis cfr. Tainoensis</i>		Distribución tropical, especie metafítica y perifítica en aguas eutróficas.		Materia orgánica en chicharo
Phylum Xanthophyta				
Familia Xanthophyceae <i>Tribonema sp.</i>		Vive en aguas estancadas.		Sustrato a los 8 m en V8
Phylum Bacillariophyta				
Familia Achnantheaceae <i>Achnantes inflata</i>		Con una distribución amplia tanto en zonas templadas como tropicales.		Sustrato a los 8 m en V8
Familia Catenulaceae <i>Amphora</i>		Especie metafítica, alcalífila.		Sustrato en V8 a los 8 m

<i>coffeaeformis</i>			
Familia Catenulaceae <i>Amphora veneta</i>		Especie metafítica y perifítica, alcalífila de distribución amplia.	Sustrato a los 8 metros en paja y arroz
Familia Stauroneidaceae <i>Craticula cuspidata</i>		Especie metafítica, perifítica, alcalífila de ambientes oligo a eutróficos. Distribución muy amplia	Sustrato a los 8 metros en V8
Familia Melosiraceae <i>Melosira varians</i>		Especie bentónica y planctónica de ríos y aguas estancadas con una distribución muy amplia.	Musgo en chícharo y sustrato en V8
Familia Naviculaceae <i>Navicula radiosa</i>		Especie bentónica y plantónica de ríos y lagos, indiferente al pH con una distribución cosmopolita.	Sustrato en V8 a los 8 m
Familia Bacillariaceae <i>Nitzschia frustulum</i>		Especie metafítica a perifítica, alcalifítica, de ambientes oligo eutróficos.	Sustrato a los 8 metros en V8
Familia Bacillariaceae <i>Tryblionella debilis</i>		Especie plentónica y aerófila de aguas estancadas. Distribución cosmopolita.	Sustrato a los 8 metros en paja y arroz

Las especies determinadas y que no se muestran con imágenes digitales en la Tabla 1 son del grupo de ciliados como *Paramecium caudatum*, *Platycola decumbens*, *Vorticella aquadulcis*, *V. campanula*, *V. chlorostigma*, *V. convallaria*, así como una especie de flagelado *Euglena viridis* y una especie alga verde

que es *Rhizoclonium hieroglyphicum*, las cuales también se registran por primera vez para el riachuelo lateral de la Cantera Oriente, junto con las especies enlistadas en esta Tabla 1. Cabe mencionar que las descripciones y morfología externa coinciden con la mayoría de las especies registradas por Aladro *et al.* (2007) y Novelo *et al.* (2007) para esta zona. Se resalta sobre todo dos nuevos registros de especies que se describirán posteriormente para este ecosistema ripario y que son *Aphanocapsa elachista* y *Asterocapsa divina*, las cuales se desarrollaron y aislaron en este estudio en diferentes medios de cultivo y sustratos obtenidos en la zona de la Cantera Oriente.

Todos los géneros y especies identificados comparten el micro hábitat ripario o de agua dulce de un ambiente restaurado y conservado, lo cual está apoyado por el gran número de especies de diatomeas así como su diversidad y número registrado de las mismas.

Conclusiones

En el área de estudio la riqueza y diversidad de especies se determinó con base en el número de especies registradas del grupo de ciliados con siete especies en comparación con los flagelados con una especie, y sobre todo contrastan el grupo de las algas Chlorophyta con tres especies y Xantophyta con una especie y con las diatomeas Bacillariophyta con ocho especies. Registrándose un gran total de 30 especies encontradas y citadas por primera vez en diferentes sustratos y medios de cultivo realizados para el análisis y búsqueda de estos géneros y especies de protistas y algas en el riachuelo cercano a la presa en la Cantera Oriente.

Literatura citada

- Aladro, M. A., Reyes, M., Olvera, F. y Robles, M. N. 2007. Ciliados y otros protozoos. En —Guía ilustrada de la Cantera Oriente—. México: Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva REPSA, UNAM. Pp. 97-122.
- Bachmann, K. 1978. Biología para Médicos. Ed. Reverté, Barcelona, Pp. 137,138.
- Novelo, E., Ponce, E., Ramírez, R. 2007. Algas. "Guía ilustrada de la Cantera Oriente". México: Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva REPSA, UNAM. Pp. 63 - 95.

DESARROLLO NATURAL DE LA HALÓFITA *Salicornia bigelovii* (Torr.) EN ZONA COSTERA DEL ESTADO DE SONORA

Rueda-Puente Edgar O.^{1†}, García Hernández José Luis², Murillo-Amador Bernardo³, Valdez-Cepeda Ricardo David⁴ y Renganathan Prabhakaran¹

¹Universidad de Sonora, Campus Santa Ana, CP 84600, Santa Ana, Sonora, México. †Autor responsable: erueda04@santana.uson.mx. ²Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Apdo. Postal 1-142, Gómez Palacio, Durango. C.P. 35000. México. ³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo Santa Rita, La Paz, Baja California Sur. Apartado postal 23090. ³ Universidad Autónoma de Baja California Sur. AP 128, La Paz, Baja California Sur CP 23080, México. ⁴Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. ⁴Centro Regional Universitario Centro Norte, Universidad Autónoma Chapingo, México; Unidad Académica de Matemáticas, Universidad Autónoma de Zacatecas. Paseo Solidaridad esq. Carretera a La Bufa, Apdo. Postal 196, CP 98001. Zacatecas, Zacatecas, México.

Resumen

Con objeto de ampliar el conocimiento respecto a la estructura vegetativa y condiciones ambientales, dos zonas costeras (norte y sur) en el estado de Sonora, México, donde se desarrolla en forma natural *Salicornia bigelovii* fueron investigadas. Basados en la abundancia de *Salicornia*, tres localidades fueron seleccionadas en las dos zonas. Transectos en cada uno de las tres localidades fueron desarrollados. Los sedimentos en las áreas de la zona norte mostraron valores superiores de materia orgánica en comparación de las del sur del estado. La biomasa vegetal, densidad, la altura y la frecuencia de ocurrencia fueron mayores en las regiones con mayor incidencia de inundaciones en comparación de las regiones poco o menos frecuentemente por las mareas. La biomasa total promedio varió desde 2.23 hasta 6.33 kg (peso seco) m⁻² y se compone sobre todo de los componentes de la superficie. Los valores máximos de biomasa de *Salicornia* se observaron en febrero a mayo en ambas zonas. El crecimiento de *Salicornia bigelovii* está influenciada principalmente por la frecuencia de las inundaciones, la duración de la exposición a la atmósfera durante la marea baja, las precipitaciones, la salinidad y el contenido de sal del agua del ambiente y los sedimentos, respectivamente. El contenido de carbono aumentó con la edad de la planta, mientras que el contenido de proteína disminuye en un 233.6 %. El aumento constante de la presión antropogénica sobre las zonas costeras donde se desarrolla *Salicornia* y otras halófitas obligadas, requieren un ordenamiento de protección inmediato para evitar vulnerabilidad en sus poblaciones.

Palabras clave: *humedales costeros, Salicornia, la estructura vegetal, el medio ambiente, Puerto Peñasco, Bahía de Kino.*

Abstract

In order to increase knowledge about the vegetative structure and environmental conditions, two coastal areas (north and south) in Sonora, Mexico, where *Salicornia bigelovii* develops in natural form were investigated. Based on the abundance of *Salicornia*, three locations were selected in the two areas. Transects in each of the three sites were developed. The sediments in the northern areas showed higher values compared with the south areas of Sonora in organic matter. Plant biomass, density, height and frequency of occurrence were higher in frequently flooded areas compared to sparsely or less often by the tides. The average total biomass ranged from 2.23 to 6.33 kg (dry weight) m⁻² and is composed primarily of surface components. The maximum values of biomass of *Salicornia* were observed in February to May in both areas. The growth of *Salicornia bigelovii* is influenced mainly by the frequency of flooding, duration of exposure to air during low tide, rainfall, salinity and salt content of the ambient water and sediment, respectively. The carbon content increased with plant age, while protein content decreased by 233.6%. The steady increase in human pressure on coastal areas where *Salicornia* and other halophytes growth, require immediate protection order to prevent vulnerabilities in their populations.

Key Words: *Coastal wetlands, Salicornia, vegetation structure, environment, Puerto Peñasco, Bahía de Kino.*

Introducción

Los humedales salinos en la República Mexicana abarcan una superficie de aproximadamente 9,000,000 millones de ha, consolidándose como el 2° lugar a nivel mundial en cuanto a número de sitios inscritos (131) ante la Convención Ramsar de Humedales de Importancia Internacional (CONANP, 2011). Los humedales de México son principalmente confinados al Golfo de México, golfo de California y Península de Yucatán. La flora en el Golfo de California, está compuesta por tres halófitas obligadas, dominadas *Rhizophora* spp; *Distichlis spicata*, *Sesuvium portulacastrum* y *Salicornia bigelovii*. *Salicornia bigelovii* es de gran interés, ya que se le ha encontrado un promisorio potencial agroindustrial y económico (Mota, 1990). La importancia agroindustrial de la misma, reside en su capacidad de producción de forrajes, aceites vegetales y alimentos para consumo humano esencialmente ensaladas y harinas. Sumado a ello, ha quedado demostrada su aplicabilidad en la industria de la cosmetología, la construcción, (fibra seca prensada) y fundamentalmente para la recuperación de áreas degradadas por salinización, ya sea natural o inducida por prácticas agrícolas inadecuadas, lo cual favorece la economía rural. En los estados de Sonora y Baja California Sur, *S. bigelovii* tiene una amplia distribución a lo largo de sus costas (Gleen *et al.*, 1994), por lo que es factible su desarrollo como nuevo cultivo en el noroeste de México con perspectivas de explotación comercial (Brown *et al.*, 1999). A pesar de *Salicornia* se reproduce ampliamente en algunas regiones costeras de México, su ecología no está bien comprendida. Por otra parte, problemas sociales como la pobreza y la estricta aplicación de políticas de gestión en áreas litorales, ha provocado una tremenda presión antropogénica sobre los humedales salinos. La gestión de cualquier recurso natural de forma sostenible requiere una comprensión adecuada de la estructura y función del ecosistema, así como información socioeconómica. Por lo anterior descrito, la estructura vegetativa (distribución y patrón de crecimiento, densidad y biomasa) y las características físico-químicas del medio ambiente donde se desarrolla en forma natural *Salicornia bigelovii* en dos zonas del estado de Sonora fueron estudiados. La información que se analiza a continuación pueden ser de utilidad en el programa de desarrollo de las zonas costeras del país, así como en la atracción de las organizaciones interesadas para explorar el potencial comercial de *Salicornia bigelovii*.

Materiales y Métodos

Área de estudio. Considerando la extensión y abundancia de *Salicornia bigelovii*, fueron seleccionadas, para el estudio, dos áreas con poblaciones puras de *Salicornia*. El área 1, se encuentra entre Lat. 31° 21' 18.82" N y Long. 113° 35' 29.41" O; el área 2, se encuentra entre Lat. 29° 9' 26.62" N y Long. 112° 14' 40.66" O y el área 3, a una Latitud entre 28° 30' 0.53" N y Longitud 111° 55' 44.19" O. Los rangos de altura de marea oscilan entre 0.55 m (media de bajo nivel de agua) a 6.5 m (media alta de agua). Los datos físicos relevantes para las áreas muestreadas son presentados en el Cuadro 1. La topografía en ambas regiones es plana, donde las mareas son amplias; las lluvias son escasas, y la aridez del clima extremo han dado lugar a una alta salinidad (38 ppm).

Tres áreas a lo largo de los municipios de Bahía de Kino y Puerto Peñasco, Sonora fueron muestreados en enero a noviembre de 2009 y 2010. En cada una de las tres áreas identificadas, se realizaron dos transectos; cada uno de 20 m de ancho y colocadas perpendicularmente a la costa en las áreas de vegetación (incluyendo manglares) y considerando superficie con marea baja hasta la marca de marea alta. La longitud del transecto varió desde 20 m hasta 150 m, dependiendo de la superficie donde se desarrolla *Salicornia* a lo largo del curso de agua. Cada transecto se dividió en tres zonas (Sa, Sb y Sc) sobre la base de la frecuencia de las inundaciones y el ancho de la cama *Salicornia*. La cinta inferior del litoral de unos 15 m (Bahía de Kino) a 50 m (Puerto Peñasco) se denominó Sa, mientras que las áreas del litoral medio y superior de 10 m y 50 m cada uno, a lo largo de las costas de Bahía de Kino y Puerto Peñasco, respectivamente, fueron nombrados Sb y Sc. Para ambas áreas, el intervalo de muestreo varió de 50 m a lo largo de cada transecto, dependiendo de la amplitud de las camas. Los datos cuantitativos sobre la vegetación, tales como frecuencia de ocurrencia, densidad, biomasa, altura, etc., fueron tomados a partir de tres cuadrantes colocados al azar de 1 m², cada uno dentro de cada intervalo a lo largo de cada transecto. La densidad de la masa se midió contando el número de plantas individuales por m². El Porcentaje de frecuencia de ocurrencia (% FO) de cada zona se calculó como se describe para praderas de

pastos marinos acorde a Jagtap (1996). Diez plantas maduras con sistema radicular seleccionadas al azar fueron muestreadas; la longitud de los brotes de las plantas individuales fue medida, y los resultados fueron expresados como valores medios. Las raíces y los tallos de estas plantas se separaron, se lavaron con agua de llave para eliminar la tierra adherida y restos vegetales. La biomasa se midió en el laboratorio después de secarse en un horno a 60 °C. Los resultados finales se expresaron por zonas (Sa, Sb y Sc) en cada sitio de estudio anotando el promedio de los datos de cada sitio respectivo. Cada cuadrante de 1 m² se consideró una unidad de muestra, y los valores medios fueron el promedio de muestras cruzadas. El color del sustrato donde se desarrolla *Salicornia* fue considerado. Los sedimentos de cada zona a lo largo de los transectos fueron excavados a mano, secadas en un horno a 60 °C, y analizados por su granulometría, humedad y contenido de NaCl y carbonatos utilizando el método estándar acorde a Folk (1968). Asimismo, muestras de agua de los canales que influyen en las áreas de crecimiento de *Salicornia* fueron analizadas para detectar salinidad según lo descrito por Strickland y Parsons (1972). La longitud y el ancho de los entrenudos y el contenido de humedad de las plantas se midieron en las distintas etapas de crecimiento. El contenido de humedad se midió por triplicado mediante el secado 250 g de material vegetativo lavado (con agua destilada) y secado a 60 °C en un horno. Cada una de las muestras secadas, fueron analizadas para conocer contenidos de C, H y N acorde a Jagtap y Untawale (1981) utilizando un analizador Perkin Elmer serie II CHNS de E / S Modelo 2400. El nitrógeno se convirtió en la proteína utilizando el factor de N * 6.25 (Johnson 1941). Los resultados se expresaron en porcentaje.

Cuadro 1. Relevantes datos físicos de las áreas de estudio en el estado de Sonora.

Parámetros	Áreas	
	Área 1 (norte del estado de Sonora)	Área 2 y 3 (sur del estado de Sonora)
Temperatura atmosférica (°C)	15-41.7	11-39.3
Humedad relativa (Media %)	69±15	250±45
Precipitación media anual (mm)	98	110
Rango de marea (m)	0.55-5.2	0.78- 6.5
Área de influencia por las mareas (km ²)		
Área salina	22±4	12±3
Área pantanosa	12	10.5
Total	34	32

Resultados y Discusión

La extensión relativamente mayor de vegetación con *Salicornia bigelovii*, áreas salinas y pantanosas en el área uno (A1) ubicada en Puerto Peñasco, Sonora (Cuadro 1), se puede atribuir a la amplitud de las mareas más grandes y relativamente a una topografía plana. Por su parte las áreas (A2 y A3) en Bahía de Kino, se limitan principalmente a las regiones superiores y supralitorales de varios arroyos, repercutiendo en bajas poblaciones de *Salicornia* a lo largo de las zonas A2 y A3; también se puede atribuir principalmente a las precipitaciones y estrechas zonas intermareales como resultado de fuertes pendientes. No obstante lo anterior, las tres zonas de estudio (A1, A2 y A3) supra-litorales de estas regiones están siendo ampliamente demandadas en gran medida para la urbanización y la agricultura, lo cual provoca la desaparición total de *Salicornia* a lo largo de la costa noroeste del estado de Sonora. La actividad acuícola es una práctica común en las regiones del Golfo de California. Durante las últimas tres décadas, esta actividad se han intensificado, reduciendo los humedales naturales que eran influenciados por las mareas y albergaban poblaciones de salicornia de alrededor de 57% y 37% en Puerto Peñasco y Bahía de Kino, Sonora, respectivamente; fenómeno que también se ha venido suscitando en algunas regiones del mundo como son Tamil Nadu, el Golfo de Kutchchh (Jagtap *et al.*, 2002) y a lo largo de la costa este en la península de Baja California.

Aunque las regiones intermareales a lo largo de la costa de Puerto Peñasco (A1), estuvieron representados por la formación de amplias extensiones-poblaciones de *Salicornia* en varios sitios, se logró observar presencia de construcciones para las actividades comerciales, tales como desarrollo de fraccionamientos habitacionales, establecimientos de gasolina principalmente. Por su parte en Bahía de Kino, parte de la franja de manglares a lo largo del litoral sur se ha perdido, por efecto del proceso de desarrollo urbano y comercial, observándose restos de los troncos de mangle, en particular de las especies de *Avicennia* spp. Las observaciones en el presente estudio también indican que, *Salicornia bigelovii* es una planta que se limita al mar. En general, las extensiones de los transectos dirigidos a poblaciones de *Salicornia*, variaron desde 50 m hasta 1000 m de ancho, donde continuamente se podría detectar áreas estrechas y periódicamente inundadas (30-80 m) con presencia de mangles principalmente de los géneros *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. y *A. alba* a lo largo de la zona A1, A2 y A3. Asimismo, esta zona inmediata (50 m) hacia la tierra, se detectaron en Puerto Peñasco (A1), inundaciones con una frecuencia de 22-35 mareas por mes⁻¹, y repercutiendo en densos materiales vegetativos (7.92 kg de peso seco m²) y un crecimiento sano de *Salicornia* (> 75% frecuencia de ocurrencia). Por su parte las zonas (Sa, Sb y Sc) de las áreas A2 y A3, la frecuencia de inundación oscilaba < 7 mareas por mes⁻¹, y arrojando pobres densidades de biomasa seca (3.43±0.27 kg de peso seco m²) y una frecuencia de ocurrencia no mayor a 30 %. Se logró observar que los transectos estaban poblados por otras especies tolerantes a la salinidad principalmente por *Sesuvium portulacastrum* y *Distichlis spicata*, extendiéndose sus poblaciones hasta las áreas salinas. La zona de crecimiento de *S. bigelovii* en la zona A1 se extendía hasta los 1,400 m de distancia de la costa, mientras que en las zonas A2 y A3 sus poblaciones raramente se detectaban a los 800 m de distancia de la costa. Acorde al sustrato donde se desarrolla *Salicornia bigelovii*, la cual, está compuesto principalmente de arcilla y limo, sobresaliendo el área A1 en arena. El contenido de sal en los sedimentos fue mayor (0.54 a 0.65 % peso seco) en la región de Puerto Peñasco (A1) y aumentando gradualmente hacia la parte superior (Sc). Un similar comportamiento es indicado por Jagtap *et al.* (2002), en Tamil Andu, India, donde las condiciones ambientales son similares a las del noroeste de México (contenidos altos en sales, clima extremoso árido y precipitaciones escasas con lixiviación pobres). La salinidad del agua influye en *S. bigelovii*; sin embargo para el presente estudio las altas densidades de plantas de la halófito en estudio en A1, pueden ser beneficiadas por la composición de suelo (altos contenidos de arena repercutiendo en una buena lixiviación). El hábitat de *Salicornia* a lo largo de las áreas de estudio, se mostraron arbustivas en A1; por su parte en A2 y A3 fueron de tipo herbácea, las cuales son inundadas por aguas procedentes de precipitaciones pluviales con bajas concentraciones de sales. Se observó que el crecimiento herbáceo presentaba una altura promedio de 22 cm. Sin embargo, la altura promedio de arbustos en A1, fue de 65 cm. En el área A1, las poblaciones de *Salicornia*, presentan mayor tiempo de exposición de la vegetación y la acumulación o incrustaciones de sales en el sustrato. De igual forma, las regiones más bajas del litoral presentan mayor biomasa como sedimento en el agua; aspecto ampliamente comentado por Pennings y Callaway (1992). La disminución de la biomasa en las regiones Sb y Sc (supralitorales) puede atribuirse a la salinidad y la temperatura del suelo debido a una exposición menos constante por las inundaciones de marea. La inundación periódica de las zonas intermareales ayuda a mantener bajos los niveles de sal en el sustrato de *Salicornia* spp. El estrés salino ha sido ampliamente reportado como causante de aumento de la mortalidad de vegetación en zonas costeras (Ungar, 1987), lo cual repercute negativamente en bajas poblaciones de *Salicornia* en S2 y S3 de A1, A2 y A3 (Sc=10% de frecuencia de ocurrencia en A1; Sc=11% de frecuencia de ocurrencia). No obstante lo anterior, el crecimiento de *Distichlis spicata* y *Sesuvium portulacastrum*, es más abundante en las áreas con mayor concentración de sales en sustrato. La biomasa total varió desde 2.23 a 5.43 kg peso seco m² en A1; por su parte en A2 y A3 varió de un 3.43 a 4.13 kg peso seco m². Las mayores concentraciones de materia orgánica y de sal en las zonas altas (Sb y Sc) pueden ser debido a la baja frecuencia de las inundaciones, lo que resulta en la acumulación de materia orgánica adicional. De igual forma la presencia de carbonatos en los sedimentos analizados puede ser debido a la erosión de la sedimentación costera y las rocas calcáreas (Hashimi *et al.*, 1978). El ciclo de crecimiento de *Salicornia* parece ser en gran medida influenciado por la temperatura y la salinidad del suelo, el agua, y la lluvia. Los patrones de los procesos físicos diferentes a lo largo de las costas juegan un papel importante. El crecimiento de *Salicornia bigelovii* en las áreas de estudio, se ve influenciada por la

lluvia, reduciéndose las concentraciones de sales en el agua de mar y en el entorno ambiental, lo cual da lugar a la germinación y a un establecimiento de plántulas en los meses de diciembre a febrero. Una vez que las plantas han pasado por la etapa más crítica de establecimiento (plántulas), *S. bigelovii* se ve sujeto a regulares inundaciones con un incremento gradual de concentraciones de sales (marzo-agosto). Las moderadas temperaturas juegan un papel importante en la etapa de floración (marzo—mayo), dando lugar a una mínima evaporación en las plantas. Un gran número de angiospermas marinas y phanerogams requieren menor salinidad para su germinación y crecimiento temprano. *Salicornia* alcanza la madurez y adquiere succulencia y, posteriormente, la senescencia con aumento de la temperatura y la salinidad durante el verano (marzo-agosto). El grado de succulencia de las plantas marinas aumenta con la edad como resultado de la acumulación de sal y de almacenamiento de agua. Respecto al contenido de carbono y el contenido de nitrógeno de las plantas de *S. bigelovii*, en promedio se estima de un 27.21 a un 31.23 % en las zonas de estudio (A1, A2 y A3), observándose un incremento gradual con el paso de las etapas vegetativas. Por su parte el contenido de proteína en las plantas, fue estimado en un 61.76, 67.98 y 29.12 % en plántula, floración y senescencia, respectivamente. Lo anterior concuerda con Gleen *et al.* (1995), con respecto a los altos valores de proteína y por ende nutrimental, en comparación de otras halófitas y que por lo tanto podría utilizarse como un vegetal.

Conclusiones

Salicornia bigelovii es una planta potencial colonizadora que forma parte potencial de los humedales de alta salinidad de la zona costera del estado de Sonora. Las regiones del litoral de los municipios de Bahía de Kino y Puerto Peñasco, Sonora, son intensamente explotados para las obras comerciales urbanas y actividades relacionadas con la acuicultura. Las áreas naturales de *Salicornia*, son también de gran potencial como biofiltros para los efluentes salinos de los campos de la acuicultura y salinas (Brown *et al.*, 1999), aportando una recuperación a gran escala de los humedales. Las actividades de construcción de viviendas y espacios comerciales, se han traducido en el deterioro o la desaparición total de *Salicornia bigelovii*, en una serie de localidades a lo largo de ambas zonas (A1, A2 y A3). Acorde a ISSG (Invasive Species Specialist Group), *S. bigelovii* y otras halófitas obligadas en algunas regiones del mundo son casi amenazadas, lo que las hace vulnerables o en peligro de extinción. En algunas regiones de la República de India, los humedales costeros en zonas rurales han sido clasificadas como hábitats ecológicamente sensibles en la categoría 6.1 de la Ley de Regulación Costera (CRZ) (Jagtap *et al.*, 2002). En la República Mexicana, a partir de 1989, el Congreso aprobó el Acta Norteamericana para la Conservación de Humedales con la finalidad de proteger, restaurar y manejar ecosistemas de humedales. Sin embargo, acorde al presente estudio no se presta atención a la protección de la flora halófila durante el desarrollo de tales establecimientos de vivienda y comercial. La aplicación estricta de las normas es necesaria para mitigar el impacto de una variedad de la evolución de la flora halófila y manglares. Es necesario formular estrategias donde las empresas gubernamentales y/o privadas generen desarrollo sostenible además de la conservación y restauración de los hábitats ecológicamente deteriorados. La presión humana cada vez más en los humedales costeros demanda una protección inmediata y la conservación de importantes hábitats de *Salicornia*. Valdría la pena investigar a *Salicornia bigelovii* por su potencial comercial y sobre todo explorar las posibilidades de cultivarla como alimento, como parte del programa alimentario del país.

Literatura Citada

- Brown, J. J., E. P. Glenn, K. M. Fitzsimmons and S. E. Smith. 1999. Halophytes for the treatment of saline aquaculture effluent. *Aquaculture* 175:255–268.
- CONANP. 2011. Comisión Nacional de Áreas naturales Protegidas. <http://www.conanp.gob.mx/>
- Folk, R. L. 1968. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Hemphill, Austin, TX, USA.
- Hashimi, N. H., R. R. Nair and R. M. Kidwai. 1978. Sediments of the Gulf of Kutchchh—a high energy tide dominated environment. *Indian Journal of Marine Science* 7:1–7.
- Jagtap, T.G., Siddharth, H. and L. N. Vinod. 2002. Ecological observations on mayor *Salicornia* beds from highly saline coastal wetlands of India. *Wetlands* 22: 443-450.

- Mota, U. 1990. Seawater irrigation crops *Salicornia* (SOS7) as an example. The University of Arizona, Tucson Arizona, 12 p.
- Pennings, S. C. and R. M. Callaway. 1992. Salt marsh plant zonation: The relative importance of competition and physical factors. *Ecology* 73:681–690.
- Strickland, J. D. H. and T. R. Parson. 1972. Determination of salinity by titration. p. 11–19. In J. C. Stevenson (ed.) *A Practical Handbook on Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa, ON, Canada.
- Rueda, E., T. Castellanos, E. Troyo and A. Díaz. 2004. Effect of *Klebsiella pneumoniae* and *Azospirillum halopraeferens* on the growth and development of two *Salicornia bigelovii* genotypes. *Australian J. Exp. Agric.* 44: 65 – 74.
- Rueda, E., T. Castellanos, E. Troyo, L. Díaz and A. Murrillo. 2003. Effects of nitrogen-fixing indigenous bacterium (*Klebsiella pneumoniae*) on the growth and development of the halophyte *Salicornia bigelovii* as a new crop for saline environments. *J. Agron. & Crop Sc.* 189: 323-332.

ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD DE LOS GRUPOS DE CILIADOS Y DIATOMEAS EN LAS LAGUNAS DE MANDINGA GRANDE, DEL AMOR Y EL ESTERO, ASÍ COMO EN LAS PLAYAS DEL AMOR Y DE LA HERÓICA ESCUELA NAVAL MILITAR ANTÓN LIZARDO, VERACRUZ, MEXICO

Hernández Rosales Dulce Carolina¹, García Reyes Mical Karina¹, Pérez Chávez Germán¹, Torres Morales Erika Monserrat¹, Ocampo López María Adelaida², Portillo Bobadilla Tobias²
Estudiantes de la Carrera de Biología¹, Profesores de Asignatura², Carrera de Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. E.mails saiyajinmical7@hotmail.com, cihuatzintl@hotmail.com, dear_3d@hotmail.com, ermonikase@hotmail.com, yoyito5020@gmail.com, yoyitos5020@hotmail.com, adelaidao@gmail.com, tobiasportillo@gmail.com

Resumen

Los mares como cualquier otro ambiente, presenta organismos macroscópicos y microscópicos; y la gran diversidad de ellos depende de factores importantes como la localización, el tipo de clima que presenta, entre otros. Este estudio muestra esa diversidad de microorganismos que se encuentran asociados a otros organismos ya se micro o macroscópicos y que forman relaciones no para afectarlos, sino para que ambos tengan un beneficio en común. En total se encontraron 15 especies diferentes de todos los lugares visitados y muestreado, donde la mayoría de las especies registradas y citadas por primera vez pertenecen al Phylum Bacillariophyta junto con dos especies de Ciliado del género *Paramecium* y una especie del Phylum Chlorophyta.

Palabras clave: *Bacillariophyta, Chlorophyta Paramecium, Lagunas, estero, costas y Punta de Antón LizarDO.*

HIDRODINÁMICA DEL SUELO SUPERFICIAL EN LA CUENCA MEDIA Y BAJA DEL RÍO CONCHOS

Viramontes-Olivas Oscar Alejandro_Oral¹, Reyes-Gómez Víctor Manuel², Lebgue-Keleng Toutcha¹, Soto-Cruz Ricardo¹, Escoboza-García Fernando³, Roman-Calleros Jesús Adolfo³, Chacón-Sotelo Juan Manuel y Jacobo Mendoza Juan Luis⁴

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico Francisco R. Almada km 1, Chihuahua, Chihuahua, México. Teléfono: 01-614-434-03-03.

E-mail: oviramon@gmail.com.

² Centro de Investigación Sobre Sequía, Instituto de Ecología A.C.

³ Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas. Calle a Delta/Oaxaca S/N, CP 21705, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México. Teléfono: 01-686 523-0217

Resumen

La relación lluvia-escurrimiento-infiltración-suelo-vegetación, se utiliza para entender cuantitativamente el papel hidrológico del suelo superficial en algunos hidrosistemas que promueven la función natural y mantienen un equilibrio a favor del desarrollo sustentable de las nuevas generaciones. En este trabajo, se estimaron las aptitudes hidrodinámicas y la conductividad hidráulica (K_s) de suelos representativos en tres sitios de la cuenca del río Conchos: Río Chico (cuenca media); El Morrión y El Pueblito en la cuenca baja. Se utilizaron dos técnicas *in situ* (simulación de lluvia y el método de Beerkan), evaluando la humectación inicial del suelo en presencia de vegetación y sin esta. El coeficiente de velocidad de infiltración en los tres sitios (estado seco inicial del suelo) fue similar por lluvia simulada (59 %), en cambio por Beerkan, la lámina mayor de infiltración (> 0.1 m) se detectó en Río Chico y 0.01 a 0.1 m para la cuenca baja. Con simulación de lluvia, la K_s en suelo seco fue similar en todas las áreas a diferencia de Beerkan, donde El Pueblito mostró menor tasa de infiltración ($K_s < 1.5E-05$ m s⁻¹); seguido del Morrión ($K_s = 5.0E-05$ m s⁻¹) reflejando aptitudes medias de infiltración y escurrimiento a diferencia de Río Chico, donde ($K_s > 4.0E-04$ ms⁻¹), permitió explicar a escala puntual un funcionamiento hidrológico del sistema con un gradiente descendente, explicado la relación suelo-vegetación (cuenca media) donde la infiltración y el escurrimiento pueden ser similares; no así en la parte baja de la cuenca, donde la infiltración es mínima y con mayor escurrimiento.

Palabras clave: funciones hidrológicas, infiltración y escurrimiento.

Abstract

The correlation among rainfall – runoff – infiltration – soil - vegetation has been used to understand quantitatively the hydrologic role of superficial soil in some hydro-systems that promote the natural function and to maintain the ecological balance in favor of sustainable development of new generations. In this work, the hydrodynamic aptitude and hydraulic conductivity (K_s) of representative soils were determined, in three sites of the Conchos River Basin: Río Chico (Middle basin); The Morrión and El Pueblito, in the lower. Two *on site* techniques were used (Rainfall simulation and the Beerkan method), to evaluate the initial humectation of soil in presence of vegetation and without it. The infiltration coefficient on the three sites (initial dry status of soil) was similar by simulated rainfall (59%), on the other side by Beerkan, the highest infiltration sheet (> 0.1 m) was on Rio Chico and 0.01 to 0.1 for the lower part. Under rainfall simulation, the K_s on dry soil was similar in all the areas, different from Beerkan, where El Pueblito, shower the highest infiltration rate ($K_s < 1.5E-05$ m s⁻¹); followed by El Morrión, ($K_s = 5.0E-05$ m s⁻¹), which reflected medium infiltration and runoff aptitudes; different from Rio Chico, where ($K_s > 4.0E-04$ ms⁻¹), it allowed to visualize on a punctual scale an hydrological function of the system with a descending gradient, explained in the soil – vegetation relationship (middle basin) where infiltration and runoff could be similar; not as well on the lower part, where the infiltration is minimal with a higher runoff.

Key Words: Hydrodynamics function, infiltration, runoff.

Introducción

La cuenca del río Conchos, es la principal fuente de agua para las diferentes actividades agropecuarias, urbanas e industriales en el estado de Chihuahua, su río principal cruza gran parte de la entidad, desde la Sierra Tarahumara hasta el río Bravo en el municipio de Ojinaga, Chihuahua (CNA, 2003). Actualmente, enfrenta una problemática compleja por la sobreexplotación de acuíferos y la deforestación que ocurre principalmente en la parte alta; en cambio, el sobrepastoreo se da en la cuenca media y baja y la contaminación y cambio de uso del suelo en todo el Conchos (Miranda, 2006). Reyes-Gómez (2003) menciona, que los estados de superficie en suelos, determinan la relación de la interfase lluvia-escurrimiento-infiltración-suelo-vegetación. Por su parte, Findeling (2001) se apoya en métodos clásicos como el aforo de cuencas y parcelas de escurrimiento (*Es*) y erosión para probar la hipótesis del efecto de dichos estados sobre la interfase antes mencionada. Otros procedimientos más prácticos y menos costosos, como la lluvia simulada y el de infiltración (*In*) controlada han sido utilizados para determinar las propiedades hidráulicas del suelo *in situ* conocidos como *In* con carga constante de agua. De Codapa (2000) constató cómo el método de Beerkan de infiltración controlada, permite medir la velocidad de infiltración *in situ* a través del tiempo, ayudando a determinar el valor de K_s del suelo, propiedad ampliamente utilizada como indicadora de la capacidad de transmisión del agua en medios porosos. Por tanto, el objetivo del presente trabajo, fue determinar la capacidad de *In* y *Es* en la cuenca media y baja del río Conchos, mediante los métodos de Simulación de Lluvia y el de Beerkan que caractericen la K_s del suelo superficial, con el fin de determinar aptitudes y propiedades hidráulicas, que permitan visualizar cuantitativamente la función hidrológica de los suelos a través del comportamiento de los estados de superficie (bosque, pastizal y áreas desnudas) representativos de la cuenca.

Materiales y métodos

Área de Estudio. La presente investigación, se realizó en la cuenca del río Conchos, adaptándose la nomenclatura fisiográfica propuesta por INEGI (2003) a la misma, donde la parte alta, corresponde a la zona montañosa; la media, al altiplano o valles centrales y la cuenca baja a la región árida. En la (Figura 1) se muestran los sitios experimentales (puntos negros) que corresponden a zonas representativas. Para la cuenca media, se eligió el sitio Río Chico y en parte baja, El Morrión y El Pueblito.

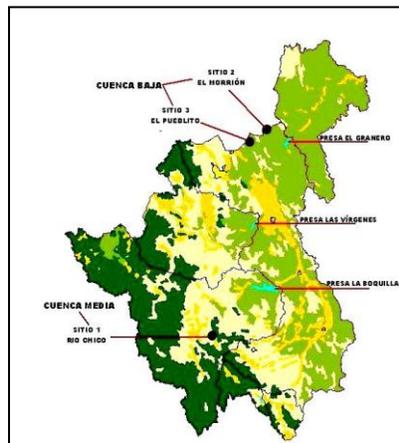


Figura 1. Sitios de experimentación en la parte media y alta de la cuenca del río Conchos.

Características Físicas del suelo

Textura. Con muestras de 5 kg de suelo en cada sitio, se determinaron contenidos de arcilla, limo y arena por el método de Boyoucos para clasificar textualmente la cubierta edafológica. A muestras de suelo tamizado a 2 mm, proveniente de la mezcla anterior, se le determinó la curva granulométrica de 8 fracciones (método de pipetas) para el cálculo de los parámetros de forma requeridos en la estimación de K_s (ver apartado de conductividad hidráulica por Beerkan).

Estados de superficie. Se describieron según los criterios de Jurado (2001) que contempla cobertura vegetal aérea, materia orgánica muerta, tipos de costras presentes en el suelo y fragmentos de roca, grava y arena. Los elementos que recubren la superficie del suelo, se cuantificaron con el programa —RIO” (Nuñez- López, 1995) que estima porcentajes de vegetación, mantillo, suelo encontrado, grava, arena, roca sobre imágenes de fotos de toma vertical de cada parcela.

Aptitudes de escurrimiento e infiltración. Con un simulador de lluvia, tipo aspersor (Martínez-Mena *et al.*, 2001) versión cabeza electrónica (Deltalab ref: EID 340), en los tres sitios de estudio, se realizaron lluvias simuladas dentro de una superficie cuadrangular, con una parcela experimental de 1 m² en su interior. Sobre una matriz de seis parcelas, se aplicaron dos lluvias con intensidades constantes de 60 mm/h hasta obtener un mínimo de 10 lecturas bajo régimen permanente de escurrimiento.

Conductividad hidráulica por simulación de lluvia. Se determinó el valor de la K_s de forma cualitativa para obtener la intensidad de I_n en régimen permanente de escurrimiento obtenido a partir de la aplicación de lluvia *in situ* (Delhoume, 1997).

Conductividad hidráulica K_s (Método de Beerkan)

Proceso de infiltración *in situ*. Con un cilindro insertado en el suelo, se determinaron curvas de infiltración en función del tiempo; para obtener el valor K_s , se llevaron a cabo cinco repeticiones en cada pendiente (alta, media y baja) de cada sitio. Este método aplicado en campo, considera el planteamiento matemático de relacionar la infiltración determinada por el método de Beerkan, para estimar el valor de K_s según el modelo de Brooks y Corey (1966). Se escogió este proceso dada su simplicidad de aplicación en campo ya que el proceso de infiltración por este método se presenta en condiciones naturales; se utiliza para obtener de forma inversa los parámetros de adimensionalización invariante de la infiltración y es conocido como *Beerkan* (De Condapa, 2000).

Análisis estadístico de la Información. Se calcularon medidas de tendencia central para determinar coeficientes promedio de infiltración y escurrimiento; desviación estándar y coeficiente de variación, para analizar la variabilidad de los valores medios. En las propiedades hidráulicas, se estimaron valores de α t y α i en el proceso de infiltración *in situ*, con ajustes de regresión logarítmica mediante el método inverso (SOLVER en Excel), donde se incluyó variables de lámina de I_n acumulada (variable dependiente Y), y de tiempo acumulado (variable independiente X). El modelo de ajuste de regresión exponencial, fue dado por la ley analítica del proceso de infiltración (De Condapa, 2000).

Resultados y discusión

Estados de Superficie del Suelo. En la (Figura 2) se muestran los resultados obtenidos sobre el estado de superficie de los suelos en los tres sitios estudiados. En Río Chico, predomina la vegetación hasta 74%; a diferencia de El Morrión y el Pueblito, que presentaron mayor presencia de grava, oscilando de 78 % a 96 % y en donde el mantillo y la vegetación son menos representativos en estos dos últimos sitios.

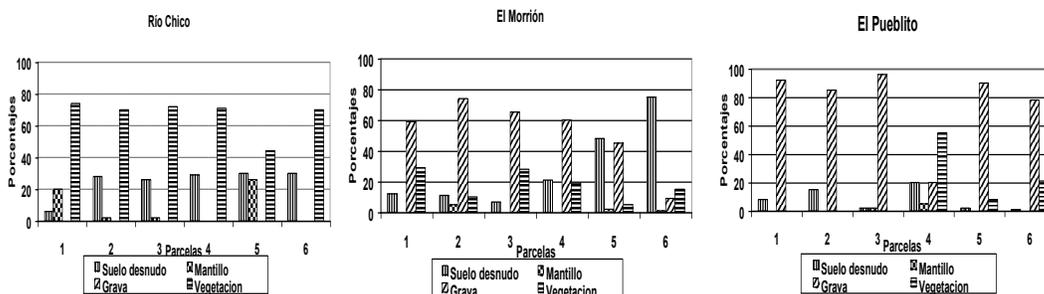


Figura 2. Estados de superficie en los tres sitios.

Simulación de Lluvia. Los hidrogramas clásicos de E_s obtenidos por simulación de lluvia, indican que la línea superior continua, representa la lluvia constante aplicada sobre las parcelas. Las líneas de abajo, la lluvia aplicada sobre el estado inicial en húmedo y suelo seco. En El Morrión, se produjo mayor

sedimentación en estado inicial de suelo seco y húmedo (29.07 y 18.0 g/m²/lluvia, respectivamente); en cambio, en Río Chico fue menor (5.25 g/m²/lluvia para estado inicial en seco y 7.72 g/m²/lluvia para inicial en húmedo), lo que evidencia la importancia de la vegetación en la protección del suelo contra la erosión y confirma la hipótesis, de que el estado superficial del suelo, determina las relaciones lluvia-escurrimiento-infiltración y con ello la erosión (Figura 3).

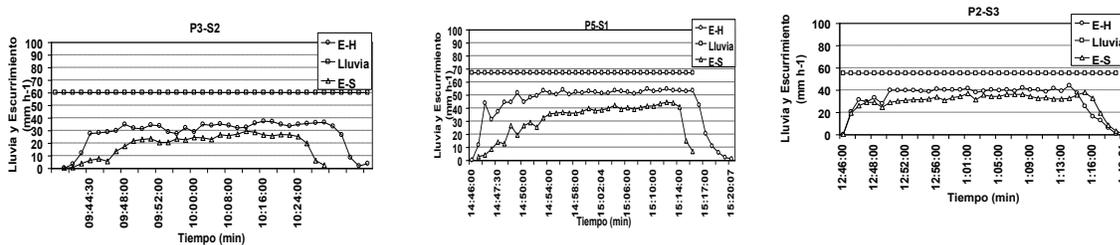


Figura 3. Hidrográmas de escurrimiento en Río Chico (P5-S1 = parcela número cinco, del sitio 1); El Morrión (P2-S3 = parcela 2 del sitio 3) y en El Pueblito (P3-S2 = parcela número 3 del sitio 2).

Aptitudes de Escurrimiento. La *In* en suelo seco fue similar en los tres sitios (60 %), mientras que en estado húmedo se redujo en Río Chico, 39.76 %; El Pueblito ~ 50%). La fracción de lluvia infiltrada fue baja en parcelas húmedas vs aquellas con suelo seco.

Infiltración por el Método de BeerKan. Considerando el método de *In* controlada, el efecto de la vegetación en Río Chico produjo mayor *Ks*; contrariamente en El Morrión y El Pueblito, donde el suelo está cubierto por costras que se sabe confieren una hidrofobia al suelo subyacente (Reyes-Gómez, 2002). Si se consideran los dos métodos empleados, se sabe que la lluvia simulada permite que la lámina de agua que se acumula sobre la superficie del suelo escurra. Dicho volumen, puede ser representativo del "excedente" que se infiltra por el método de BeerKan, donde la lámina que se acumula en el área del suelo puede llegar a infiltrarse totalmente como se mostró en los resultados correspondientes. Por tanto, se concluye que la simulación de lluvia, resultó ser un método poco apropiado para estimar *Ks* a saturación en suelos superficiales en zonas áridas y/o bajas de la cuenca del río Conchos, ya que los valores observados parecen subestimar la facilidad de dejar pasar el agua reflejada por el método Beerkan (Figura 5).

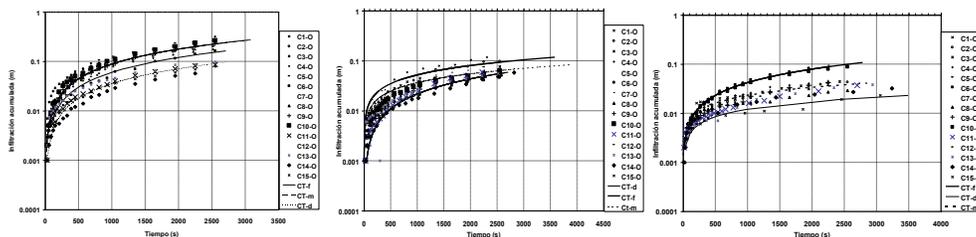


Figura 5. Curvas de *In* de Sitio 1 y 2 (izquierda a derecha) (Río Chico y El Morrión, respectivamente). En la 3 (extrema izquierda) ("El Pueblito). C1 – C15, número de cilindro Beerkan; CT-d = curva de ajuste para valores débiles, CT-F= curva de ajuste para valores fuertes; CT-m, curva de ajuste para valores medios.

Conductividad hidráulica (*Ks*) por BeerKan. Se observó mayor aptitud de infiltración en Río Chico (Figura 6), donde la *Ks* mostró valores mínimos correspondientes a los máximos encontrados en los sitios de El Morrión y El Pueblito. Este último, presentó menor facilidad para dejar pasar el agua al suelo (*Ks* siempre menor de 4.0E-04 m s⁻¹); seguido del sitio El Morrión, donde *Ks* se mantuvo entre 1.50E-04 y 5.0E-04 m s⁻¹, reflejando con ello aptitudes de infiltración medias en comparación con Río Chico.

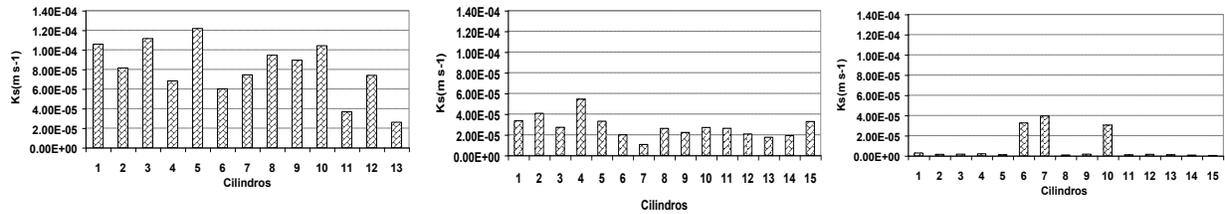


Figura 6. Conductividad hidráulica (método de BeerKan) en Río Chico, El Morrión y El Pueblito respectivamente.

Análisis de Componentes Principales, Cuenca media. El sitio alcanzó una varianza acumulada de 80 %, obteniéndose las bases estadísticas más sólidas (15 % más que el *ACP*-total), observándose mayor correlación con CP1 y CP2, donde los sitios de la cuenca media se agrupan en función a textura y parámetros de superficie, seguidas de las variables explicativas de las aptitudes de *In* y *Es* en los sitios experimentales.

Análisis de Componentes Principales, Cuenca baja. El patrón de separación, se marca de forma similar en el plano de CP1 vs CP2, un grupo con mayor aptitud de *Es* asociado a sitios con suelo cubierto por costra y viceversa, otro de suelos con más aptitud de *In* asociados a suelos gruesos (Figura 7). En este caso, el mantillo es poco representativo en esta parte de la cuenca, reflejando el mismo efecto que en el *ACP* total, donde los sitios de la parte alta cuentan con coberturas de mantillo hasta del 100%. Lo más importante a retener en este segundo análisis es que aún con menos cantidad de variables, se pone en evidencia el efecto de la superficie del suelo en la interfase lluvia-escurrimiento-infiltración-superficie del suelo. El grupo II, se asocia fuertemente a la presencia de piedras y gravas unidas a la superficie del suelo que le dan una mayor rugosidad y tortuosidad al terreno (PED, TOR, RUG en la gráfica), lo que demostró de forma no muy conspicua en resultados de superficie, que influyen en la "interrupción" del escurrimiento laminar dejando oportunidad a que infiltre más agua en el suelo que donde no existen estos elementos.

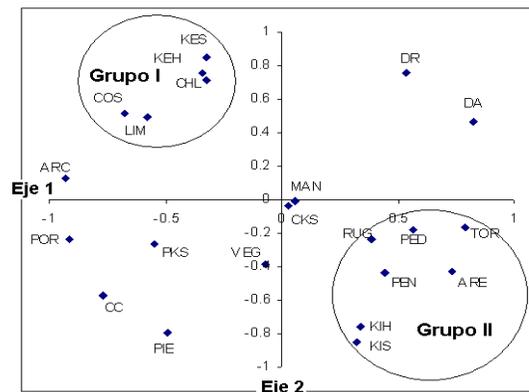


Figura 7. Plano de proyección de los dos componentes principales de dos sitios de la cuenca baja del río Conchos.

Conclusiones

Se puede concluir, que la simulación de lluvia y la *In* controlada son dos herramientas que ayudan a caracterizar el comportamiento hidrodinámico de los primeros 20 cm del suelo. Los resultados sobre *In* y *Es* ponen en evidencia el papel que juega la superficie del suelo, donde el mantillo y la vegetación favorecen la *In*, contrariamente ocurre, cuando está cubierto por costra o desprovisto de mantillo y vegetación, presentándose mayor *Es* superficial. Los suelos más infiltrantes, fueron aquellos con vegetación en Río Chico, donde abunda el pastizal abierto. Cuando la pendiente es pronunciada, se da un

aumento de *Es*, dado que el agua que se acumula en la superficie puede desplazarse aguas abajo, evitando su retención. El *Es* más significativo, fue en zonas bajas (El Morrión y El Pueblito), donde el suelo está encostrado y desprovisto de vegetación abundante, lo que imposibilita la retención de agua y por ende la infiltración.

Agradecimiento

Se hace un especial agradecimiento al Programa del Mejoramiento del Profesorado (PROMEP-SEP) por el apoyo prestado en la realización de esta investigación.

Literatura citada

- Brooks, R.H. and Corey, A.T. 1966. Properties of porous media affecting fluid flow. Proc. Am. Soc. Civ. Eng., J. Irrigation Drainage Div. IR2, 61-68 pp.
- CNA. 2003. Comisión de cuenca del río Conchos. Diagnóstico Versión 1.0 Gerencia Estatal Chihuahua, Chihuahua, Méx.
- De Condapa. 2000. Ilustration de la methode Beerkan en uve de la caracterisation hydrodynamique de un sol. DEA, Grenoble INPG. 43 p.
- Delhoume, J.P. 1997. Fonctionnement hydro-pédologique d'une topo'sequence de sols en milieu aride. Réserve de la biosphere de Mapimi, Nord-México. Theses et documents microfichés. IRD-Paris. 295 p.
- Findeling, A. 2001. —Estde de la modelisation de certains effets du semis direct avec paillis de residus sur les bilan hydrique, thermique et azote de une culture de mais pluvial au Mexique."These Docteur Montpellier, Ecole Nationale du Genie Rural de Eaux et Forets: 355 p.
- Jurado A. 2001. Análisis de comunidades vegetales nativas. Págs. 41-51.
- Miranda N. 2006. Determinación de las actitudes de escurrimiento e infiltración de suelos superficiales de la cuenca alta y media del río Conchos. Tesis de Licenciatura. Chihuahua, Chih. México. 121 p.
- Núñez-López, D. 1995. Uso de imágenes digitales de video como herramienta de teledetecciones, en apoyo a la evaluación de los recursos naturales. Tesis de licenciatura. Escuela de Ciencias Forestales (UJED- Instituto de Ecología A. C, Durango. Pag. 95.
- Reyes- Gómez, V. M. 2003. Estudio integral en la cuenca del río Conchos orientado al manejo sostenible de los recursos naturales. Proyecto sometido a SEP-CONACYT, 2003.
- Reyes- Gómez, V.M., et al., 2002. Quantification et modelisation des flux hydriques, thermiques, et azotes dans les systemes de culture en semis direct avec couverture vegetale dans la region des cerrados bresiliens. Tesis de doctorado. Docteur del _Universite Montpellier 2. Paris Francia. 4 – 254 pp.
- SAS, User's Guide, 1985. Manual y Paquete para estadísticas. Cary, North Carolina. USA. 637 págs.

MICROBIOTA DE PROTISTAS Y ALGAS EN EL LAGO CRÁTER DE ALCHICHICA, ESTADOS DE PUEBLA Y VERACRUZ, MÉXICO

Pérez Chávez Germán¹, García Reyes Mical Karina¹, Hernández Rosales Dulce Carolina¹, Torres Morales Erika Monserrat¹, Ocampo López María Adelaida², Portillo Bobadilla Tobias²
Estudiantes de la Carrera de Biología¹, Profesores de Asignatura², Carrera de Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. E-mails saiyajinmical7@hotmail.com, cihuatzintl@hotmail.com, dear_3d@hotmail.com, ermonikase@hotmail.com, yoyito5020@gmail.com, yoyitos5020@hotmail.com, adelaidao@gmail.com, tobiasportillo@gmail.com.

Resumen

Alchichica cuyo significado es *agua amarga* debido a la salinidad que se tiene al probar estas aguas. Se encuentra en las coordenadas 19° 24'N, 97 °24'W y esta 2340 m sobre el nivel del mar. Con clima seco y templado, temperatura promedio de 12.9°C, el promedio anual de precipitaciones es de 400 mm, concentrado en el verano. Los microambientes que se observaron fueron los estromatolitos, los cuales son producto de la actividad metabólica de microorganismos (principalmente cianobacterias o algas cyanoprokariotas). Se realizaron tres muestreos a diferentes distancias de la orilla del lago cráter con el fin de obtener nueve muestras de agua con diferentes sustratos incluyendo una de estromatolitos, las cuales fueron guardadas en bolsas con cierre hermético y etiquetadas con el punto correspondiente y con la distancia en metros de las cual fueron obtenidas durante este estudio. Los resultados obtenidos mostraron una microbiota formada por 17 especies de Bacillariophyta (diatomeas) en contraste con dos especies de Chlorophyta y una de Cyanophyta y una especie de ciliado. Cabe mencionar que la especie más abundante en todos los puntos muestreados fue *Cymbella mexicana*, que es una diatomea de amplia distribución. Finalmente todas las especies determinadas e identificadas en este estudio son nuevos registros para el complejo del Lago Cráter de Alchichica incluyendo las Rizaduras de Oleaje presentes en esta misma región.

Palabras clave: *Bacillariophyta, Chlorophyta Chlamydomonas, Lago Cráter, Rizaduras de Oleaje, diversidad, riqueza.*

BIODIVERSIDAD DE CILIADOS, AMEBAS Y ALGAS REGISTRADAS EN EL RIACHUELO LATERAL AL CAMINO PRINCIPAL DE LA CANTERA ORIENTE, REPSA, CIUDAD UNIVERSITARIA. MÉXICO D. F.

Herrera Herrera Yolanda¹, Peralta Vite Diana Rosario¹, Rinza Fernández Ximena¹, Antonio Lot Helgueras², Francisco Martínez Pérez², María Adelaida Ocampo López³ y Tobías Portillo Bobadilla³
Grupo 5020, Biología de Protistas y Algas¹, Facultad de Ciencias, UNAM. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Cantera Oriente, Programas Universitarios, Planta Alta, Facultad de Química², UNAM. Profesores de Asignatura³, Facultad de Ciencias, UNAM.

E-mails: yolandahh_13@hotmail.com, chinitamacri@hotmail.com, xi_mena12@hotmail.com, yoyitos5020@hotmail.com, repsa@sip.unam.mx, pacote433@hotmail.com, adelaidao@gmail.com, tobiasportillo@gmail.com

Resumen

El presente trabajo fue realizado en la Cantera Oriente de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de la Universidad Nacional Autónoma de México. En donde se recolectaron sustratos con agua y secos a lo largo de un riachuelo lateral al camino principal de la Cantera. En 3 diferentes secciones se tomaron muestras de rizomas, nata, vegetación (hojarasca, troncos y muestras de tierra), así como algas de un tubo PVC. Primero se observaron todas las muestras y posteriormente se seleccionaron aquellas con las que se iba a seguir trabajando. Las muestras fueron sometidas a diferentes medios de aislamiento y cultivo de protistas y algas como son el de chicharos, jugo V8, arroz, alfalfa y paja, a una temperatura de aproximadamente 23°C. Los resultados obtenidos y registrados por primera vez para este hábitat mostraron una gran diversidad de especies de diatomeas en la que resalta *Navicula radiosa*, algas filamentosas como *Trimonema sp.* y ciliados como las especies de *Paramecium caudatum*, *Paramecium bursaria* y *Heliophrya minima*. Con base en estos resultados se concluye que en esta área hay gran biodiversidad de organismos que conforman la microbiota del ecosistema ripario y bosque de galería preservado y mantenido por los Coordinadores y responsables gubernamentales de la UNAM.

Palabras claves: microbiota ambiente ripario, biodiversidad, conservación, ciliados, amebas, algas.

PROGRAMA DE RIEGO EN TIEMPO REAL PARA EL CULTIVO DE PAPA

Gregorio Briones Sánchez², **Covarrubias Ramírez Juan Manuel**¹, Martínez Burciaga Oscar Ulises¹,
Zermeño González Alejandro², Parga Torres Víctor Manuel¹
Campo Experimental Saltillo – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias¹, Depto. de
Riego y Drenaje – Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro².
E-mail: covarrubias.juan@inifap.gob.mx

Resumen

La disponibilidad de agua en la zona norte del país es menor y su uso en la agricultura debe ser eficiente. Se generó un programa de riego en el cultivo de papa para determinar —E¿Cuándo?” y —E¿Cuánto?” aplicar. Se evaluaron cinco localidades con siembra de papa, cuatro en Coahuila y una en Nuevo León. En cada localidad se determinaron las características edáficas y climáticas, además de la fenología del cultivo. El programa inicia con la selección de la variedad e información del sistema de riego a utilizar, con datos de clima, se determinan los días grado de crecimiento, y se estiman: el coeficiente del cultivo, la profundidad de raíz y el abatimiento de agua en el suelo, para obtener la lámina de máximo abatimiento (LMA). El ¿Cuánto? se estima como la lámina de riego para llegar a capacidad de campo, de acuerdo al crecimiento de la raíz (θ_{cc} por pr) y a la LMA. El ¿Cuándo?, se determina con el balance para conocer el momento de riego (Ri), este se realiza con el contenido de agua en el suelo (L_{i-1}), la precipitación efectiva (Pe), si ocurre y el consumo de agua del cultivo (Etr). Todo programa de riego deber tener un software amigable y estar vinculado a una base de datos y a una red climática.

Palabras clave: *Calendario de riego, balance de agua, evapotranspiración del cultivo.*

Abstract

The availability of water in the north of the country is less and its use in agriculture must be efficient. It generated a potato crop irrigation schedule to determine “when?” and —howmuch?” to apply. Five locations were evaluated with potato planting, four in Coahuila and one in Nuevo Leon. In each locality were determined soil characteristics and climate, as well as crop phenology. The program begins with the selection of the variety and information of irrigation system to use, with the weather data was determined the degree days of growth, with those were estimated: the coefficient of crop, root depth and the depletion of soil water, to obtain the maximum depletion irrigation (LMA). The how much? is estimated with irrigation depth to bring the soil at field capacity, in accordance of root growth (θ_{cc} by pr) and the LMA. The irrigation scheduling based in a water balance forecast when the next irrigation should be done (Ri), using the soil water content (L_{i-1}), the effective precipitation (Pe) and crop water consumption (Etr). The algorithm of the irrigation program needs for solving it, computer software with capacity to import data from weather stations.

Key words: *irrigation scheduling, water balance, crop evapotranspiration*

Introducción

La disponibilidad de agua para el riego de los cultivos en la zona norte del país es cada vez menor, esto debido a que el agua se utiliza para fines industriales, para el suministro a la creciente población en las zonas urbanas, a un abatimiento de los acuíferos y actualmente a la falta de lluvias debido al cambio climático global. (Covarrubias *et al.*, 2009). Los requerimientos de riego de los cultivos varían, temporal y espacialmente, en función del clima, del manejo, de la etapa de desarrollo y de la variedad del cultivo, por lo que su cálculo debe ser local (Doorenbos y Pruitt, 1977). La implantación de un programa de uso eficiente del riego requiere certidumbre del cálculo de los requerimientos de riego. Por tal motivo el concepto de eficiencia en el uso del agua en los cultivos toma una verdadera importancia y esto se ve reflejado en la generación de programas de riego en tiempo real, alimentados con información de estaciones agroclimáticas automáticas, como los realizados para los cultivos de maíz (Ojeda-Bustamante *et al.*, 2006) y papa (Covarrubias *et al.*, 2006) entre otros. Existen varios métodos que se utilizan para medir el consumo de agua en los cultivos que se consideran con mucho éxito, algunos utilizando uno o

más de los indicadores básicos del sistema agua, suelo y planta. La tensión de humedad del suelo y la evapotranspiración, son las formas que más pueden ser utilizadas en la determinación del consumo de agua por las plantas (Shock, 2011). El programa de riego consta de tres aspectos: El ¿Cómo?, El ¿Cuándo? y El ¿Cuánto? Regar. El cultivo de papa en los estados de Coahuila y Nuevo León se riega con sistemas presurizados del tipo: pivote central, lateral móvil, lateral semiportatil y cinta de goteo con una eficiencia de aplicación del 70 al 90%, lo que resuelve la pregunta El ¿Cómo? regar. El objetivo del estudio fue determinar —E¿Cuándo?" y —E¿Cuánto?" de los programas de riego en tiempo real en el cultivo de papa.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 5 localidades donde se sembró el cultivo de papa siendo estas: El Ranchito en Jame, El Tunal, San Francisco en Los Lirios, y en la Estación Experimental —Sierra de Arteaga", en Arteaga, Coahuila y El Cristal en Galeana, Nuevo León. Se trabajó con tres tipos de variedades, de ciclo precoz, intermedio y tardío, con lo que se cubrió el ciclo de la papa (Cuadro 1). En cada localidad se determinaron los componentes del suelo que son características dinámicas de cada sitio, por lo cual, se determinó la densidad aparente (D_a) por el método de la probeta y el contenido de agua en el suelo a capacidad de campo (Pw_{cc}), con el método de las ollas de presión y la tensión de humedad (Covarrubias *et al.*, 1995).

Cuadro 1. Descripción de localidades y variedades de papa en Coahuila y Nuevo León.

Localidad	Latitud		Longitud	Altitud (msnm)	Variedad	Fecha de Siembra	Ciclo	
	Norte	Oeste					Tipo	Período*
CESIA	25° 16' 02"	100° 46' 27"	2040	Atlantic	25-May	Precoz	106	
El Cristal	24° 50' 11"	100° 20' 48"	1883	Herta	17-May	Tardía	138	
El Ranchito	25° 22' 10"	100° 38' 11"	2534	Alpha	14-Jun	Intermedia	120	
San Fco.	25° 23' 44"	100° 36' 44"	2421	Gigant	21-Abr	Precoz	105	
El Tunal	25° 24' 12"	100° 37' 23"	2457	Gigant	17-Jun	Precoz	100	

* de siembra a desvare.

¿Cuánto? y ¿Cuándo? regar se obtuvo de la siguiente manera: $E_{Tr} = E_{To} * kc$ donde E_{Tr} es el consumo de agua real del cultivo, E_{To} es la evapotranspiración de referencia y kc es la constante de desarrollo del cultivo de papa. Para determinar E_{To} se utilizó el modelo de FAO - Penman y Monteith descrito por Monteith y Unsworth (1990) este valor se encuentra en la información disponible a través de internet dentro de la red de clima del INIFAP en la página (<http://clima.inifap.gob.mx/redclima>). La E_{Tr} se determinó con un sensor del contenido de agua en el suelo en cada localidad como repetición, se realizaron las lecturas en forma diaria durante el desarrollo del cultivo en $mm\ día^{-1}$. La kc se obtuvo de la relación E_{Tr}/E_{To} y se ajustó a un modelo en función de los días grado de crecimiento ($^{\circ}Di$) del cultivo. La estimación de los días grado de crecimiento ($^{\circ}Di$), en la actualidad es el factor más importante que se relaciona con las etapas de desarrollo del cultivo (Cuadro 2).

Cuadro 2. Requerimientos de temperatura del aire en el cultivo de papa a través de su crecimiento.

Etapas	Temperatura $^{\circ}C$	
	Rango	Óptima
Siembra a Emergencia	7 - 30	19
Emergencia a Desarrollo Vegetativo	6 - 32	24 - 26
Desarrollo Vegetativo a Estolonización	12 - 19	12 - 15
Estolonización a Tuberización	10 - 20	15 - 18

Fuente: Parga *et al.*, 2005, modificado por Covarrubias *et al.*, 2006.

Para estimar los $^{\circ}Di$ se utilizó el método gradual (Covarrubias *et al.*, 2009), el cual consiste en:

$$^{\circ}Di = T_x - K_1 \text{ si } T_x < K_2$$

$$^{\circ}Di = K_2 - K_1 \text{ si } T_x \geq K_2$$

$$^{\circ}Di = 0 \text{ si } T_x \leq K_1$$

Donde: $^{\circ}D_i$ = Días grado de crecimiento. T_x = Temperatura media ($^{\circ}C$). K_1 = Temperatura límite inferior de crecimiento ($^{\circ}C$). K_2 = Temperatura límite superior de crecimiento ($^{\circ}C$).

Con los $^{\circ}D_i$ acumulados se estimó la profundidad de raíces (pr) con el siguiente modelo:

$$pr = \frac{a + (4bn)}{(1+n)^2} \text{ y } n = \exp \left[-\frac{\left(\sum_{i=1}^n {}^{\circ}D_i - c \right)}{d} \right]$$

Donde: pr = Profundidad de raíces en mm. $\Sigma^{\circ}D_i$ = Días grado de crecimiento acumulados. a , b , c , d = Constantes del modelo

Además del abatimiento del agua en el suelo (f) con el siguiente modelo: $f = a + b \sum^{\circ}D_i + c \sum^{\circ}D_i^{2.5} + d \sum^{\circ}D_i^3$

Donde: f = Factor de abatimiento del agua en el suelo. $\Sigma^{\circ}D_i$ = Días grado de crecimiento acumulados. a , b , c , d = Constantes del modelo

Con f y pr , se estima la lámina máxima de abatimiento que tiene el cultivo durante su desarrollo con el modelo: $LMA = ((\theta_{cc}) - (\theta_{cc} \times f)) * pr$

Donde: LMA = Lámina Máxima de Abatimiento en mm. θ_{cc} = Contenido volumétrico de agua a capacidad de campo en $cc_{H_2O}/cc_{\text{suelo}}$

La lámina de riego para llevar el contenido de agua en el suelo a capacidad de campo (Lrc) es el producto de θ_{cc} por pr

El programa de riegos obtenido está en función al consumo diario de agua en mm con un modelo de balance de agua en el suelo: $L_i = L_{i-1} + Pe_i + R_i - ETr_i$

Donde: L_i = Contenido de agua en el suelo en lámina en el día actual en mm L_{i-1} = Contenido de agua en el suelo en lámina en el día anterior en mm Pe_i = Precipitación efectiva para el día i en mm R_i = Riego aplicado en el día i en mm ETr_i = Consumo de agua real del cultivo en el día i en mm

La precipitación efectiva se estimó con el siguiente modelo: $Pe = Lluvia * (1.53 * (Lluvia/ET_o) + 0.8)^{-1}$

Donde la lluvia es en mm y el resto ya fueron definidos.

El ¿Cuándo?, es el momento del riego donde $L_i \approx LMA_i$ y El ¿Cuánto?, es el riego que se aplica (R_i) igual a la diferencia entre $Lrc - L_i$. El valor de R es multiplicado por la uniformidad de aplicación del agua (UD) del sistema de riego en la parcela (Covarrubias *et al.*, 2006), para obtener la lámina de riego real (LRr).

Resultados y Discusión

En el cultivo de papa es necesario caracterizar su fenología en cada localidad de estudio para determinar los $^{\circ}D_i$, por lo que el valor fue diferente en las localidades. El consumo de agua por el cultivo de papa (Etr) se presenta en la gráfica 1, el mayor consumo se obtiene en la localidad El Cristal con la variedad Herta con 953 mm y el menor en El Tunal con la variedad Gigant con 435 mm por ciclo de emergencia a desvare. La variedad Alpha en El Ranchito y la variedad Gigant en El Tunal tienen un consumo similar durante las etapas de su desarrollo, pero diferente al final por el período del ciclo, lo que indica que la similitud es por efecto del clima y no de la variedad.

La profundidad de raíz (Pr) es un proceso dinámico en función de los $^{\circ}D_i$ y el valor máximo alcanzado fue de 71 cm (Figura 2) y no hay diferencia por ciclo vegetativo, el modelo fue significativo ($R^2=0.78^*$) con las constantes $a=-0.051$, $b=0.755$, $c=1548.14$ y $d=662.24$. Los valores observados durante el desarrollo del cultivo son los puntos de referencia para estimar la profundidad de la lámina de riego.

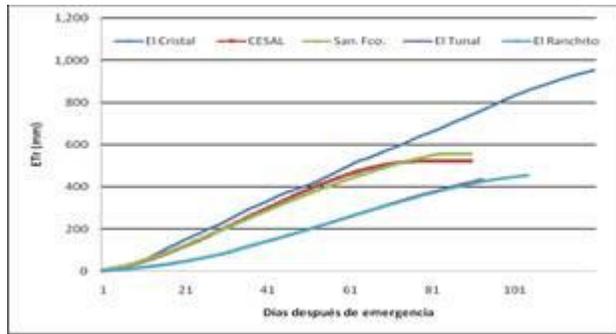


Figura 1. Consumo acumulado de agua real (ETr) del cultivo de papa en Coahuila y Nuevo León.

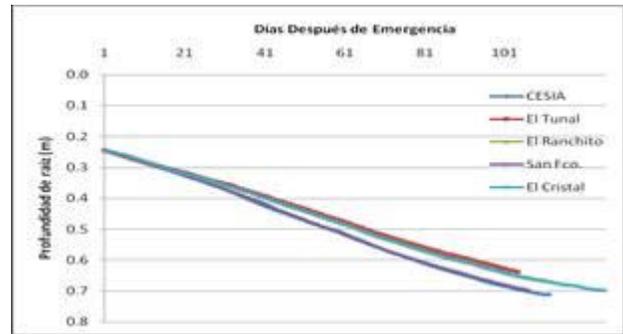


Figura 2. Profundidad de raíz estimada (pr) del cultivo de papa.

El factor de abatimiento (f) presentó valores de 0.36 al inicio de desarrollo del cultivo y el menor de 0.29 durante el desarrollo del tubérculo (Figura 3), el modelo obtenido fue: $f = 0.352 - 5.962 \times 10^{-7} (\Sigma^{\circ}Di)^2 + 2.551 \times 10^{-8} (\Sigma^{\circ}Di)^{2.5} - 2.682 \times 10^{-10} (\Sigma^{\circ}Di)^3$ significativo con $R^2=0.82^*$. El programa de riegos en tiempo real con base al balance de humedad del suelo, sólo se presenta para la localidad El Ranchito, es obvio que es diferente para cada localidad y sólo se pretende presentar El ¿Cuándo? y El ¿Cuánto? aplicar en riego (Figura 4). El rango entre Lrc y LMA es el balance de agua en el suelo en función a Li, cuando Li es similar a LMA, se estima R, en este caso se utilizó un sistema de riego por aspersión con UD de 0.7. La LRr a inicio del ciclo fue de 4.5 cm, está es menor con un intervalo de riego de 19 días, porque la LMA es menor debido a que el cultivo está en la etapa de brotación del tubérculo, iniciando su crecimiento radicular (Figura 2) y todavía no ha emergido, en cambio cuando el cultivo está en la etapa de llenado de tubérculo, el intervalo se reduce a siete días porque ya se tiene la mayor LMA, con el máximo abatimiento y profundidad de raíz, por lo que, LRr fue de 7 cm.

Existen modelos que relacionan el riego con el rendimiento del cultivo y la eficiencia en el uso del agua de este (Stricevic *et al.*, 2011), como el FAO AquaCrop y modelos que relaciona ETo con el balance del agua en el suelo (Hlavinka *et al.*, 2011) como el SoilClim, otros que relacionan los $^{\circ}Di$ del cultivo con el riego con temperaturas límites de crecimiento (Ojeda *et al.*, 2006), pero los requerimientos de temperatura del cultivo lo hacen constante durante el ciclo. Este programa considera los factores antes mencionados, excepto el rendimiento, pero incluye un análisis a detalle de las etapas fenológicas del cultivo, lo que permite que el riego se aplique de acuerdo a las etapas de desarrollo del cultivo, por lo que es una buena opción para los productores de papa.

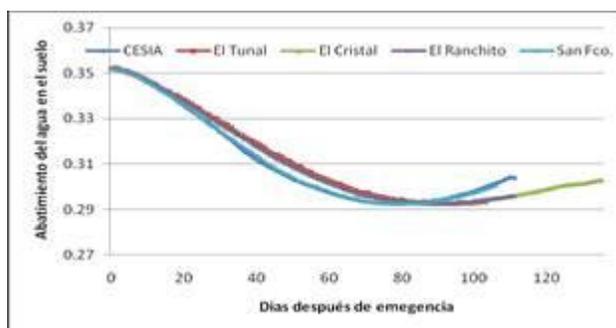


Figura 3. Factor de abatimiento (f) del agua en el suelo para programar el riego en papa.

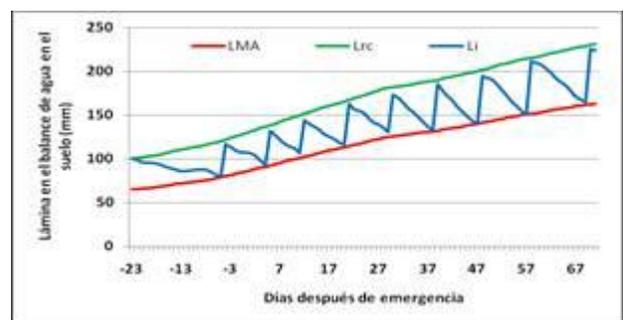


Figura 4. Programa de riego en tiempo real para la variedad Alpha de papa en Arteaga, Coah.

Conclusiones

El programa de riegos generado cumple con el objetivo planteado para el cultivo de papa para que sea implementado en tiempo real con cajas de dialogo interactivas con el usuario. La base del programa es la información climática disponible a través de internet y si falla el enlace entonces el programa falla al correr o no resuelve el balance de agua buscado para un sitio en particular. Para implementar este programa de riego es necesario generar el software para su operatividad en línea con ventanas y tutorial para su transferencia con los productores de papa, a fin de que ellos puedan obtener ayuda para predecir cuanto y cuando regar.

Literatura citada

- Covarrubias-Ramírez, J. M., F. J. Contreras y S. J. García. 1995. Efecto de niveles de humedad del suelo y desarrollo del tubérculo en tres variedades de papa. *In: Memorias del VI Congreso Nacional de Papa*. Saltillo, Coah. p 115.
- Covarrubias-Ramírez, J. M., G. Briones, L. Rojas y J. J. Cortes . 2006. Programa de riego en tiempo real para el cultivo de la papa. p 75. *In: Cortinas-Escobar, H. M. et al. Memoria de la Reunión Científica Agropecuaria y Forestal en Tamaulipas*. SAGARPA, INIFAP, CIRNE, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas, México. 147 p. (memoria Científica N° 2).
- Covarrubias-Ramírez, J. M., F. J. Contreras y I. Sánchez. 2006. Como evaluar un sistema de riego por goteo en huertas de manzano. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coah., México. 2 p. (Desplegable Técnica Núm. 3).
- Covarrubias-Ramírez, J. M., Á. E. Zúñiga, G. Briones, A. Zermeño y V. M. Parga . 2009. Comparación de métodos para estimar días grado en el cultivo de papa mediante estaciones agroclimáticas automáticas. *In: Zarate Lupercio, A. et al. (eds). Memoria del Congreso binacional del Agua*. COECyT-Coah. Saltillo, Coah. CD-ROM. 8 p.
- Covarrubias-Ramírez, J. M., G. Briones, L. Rojas y J. J. Cortes. 2009. Programa de riego en tiempo real para el cultivo de la papa. *In: Chávez-Galindo, A. M. y Oswald Spring, U. Memoria de la 1a Reunión de la Red Temática del Agua –CONACYT, Cocoyoc, Mor. CD-ROM*.
- Doorembos, J. and W.D. Pruitt. 1977. Crop water requirements. Irrigation and drainage paper. no. 24. FAO. Rome, Italy.
- Hlavinka, P., M. Trnka, J. Balek, D. Semerádová, M. Hayes, M. Svoboda, J. Eitzinger, M. Mořný, M. Fischer, E. Hunt and Z. Ťalud. 2011. Development and evaluation of the SoilClim model for water balance and soil climate estimates. *Agricultural water management* 98(8):1249-1261.
- Monteith, J. and M. Unsworth. 1990. Principles of Environmental Physics. Academic Press. Burlington, USA.
- Ojeda-Bustamante, W., E. Sifuentes-Ibarra y H. Unland-Weiss. 2006. Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia* 40: 13-25.
- Shock, C. 2011. Efficient irrigation scheduling. *Malheur Agric. Exp. Stn. OSU* [en línea]. Disponible en <http://www.cropinfo.net/irrigschedule.htm> (verificado el 3 de Julio de 2011).
- Stricevic, R., M. Cosic, N. Djurovic, B. Pejic and L. Maksimovic. 2011. Assessment of the FAO AquaCrop model in the simulation of rainfed and supplementally irrigated maize, sugar beet and sunflower. *Agricultural water management* 98(10):1615-1621.

EFFECTO DEL ESTRÉS HÍDRICO EN VARIEDADES DE TRIGO CULTIVADAS EN EL VALLE DE MEXICALI, B.C.

Sandoval Alvarez Lázaro¹, Soto Ortiz Roberto², Escoboza García Luis Fernando², López López Angel² y Avilés Marín Mónica².

¹Doctorado en Ciencias Agrícolas. Instituto Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. ²Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California.

Resumen

Cambiar variedades buscando aumentar el rendimiento y calidad de grano es una estrategia utilizada comúnmente en las zonas trigueras del noroeste de México, tal y como ocurre en el Valle de Mexicali. Sin embargo se carece de información actualizada relativa a la tolerancia a estrés hídrico de los nuevos materiales; característica deseable en las zonas marginales del distrito de riego 014 y la afectada por el terremoto del 4 de abril 2010; donde la disponibilidad de agua en la red de canales, impacta en la eficacia y eficiencia de los riegos entre embuche y llenado de grano. Con el objetivo de valorar el efecto del estrés hídrico en 9 variedades de trigo, se condujo un experimento en el ciclo 2009-10 dentro del campo experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, México, bajo un diseño bloques al azar con cuatro repeticiones con arreglo de tratamientos en parcelas divididas; donde la parcela grande consistió en número de riegos y la parcela chica variedad. Los resultados obtenidos revelan que existe una disminución del 20 % del rendimiento de grano por hectárea al eliminar el riego de llenado de grano, mostrando mayor tolerancia a este estrés hídrico, Aconchi C-89, Rayón F-89 y Atil C-2000; y al eliminar los riegos de espiga-floración y llenado de grano se genera una disminución del 42 % en el rendimiento, Las variedades con mayor tolerancia al estrés hídrico fueron Rayón C-89, Aconchi C-89 y Rio Colorado C- 2000.

Palabras clave: *Estrés hídrico, rendimiento de grano, índice de cosecha.*

Abstract

A common strategy to increase grain yield and harvest index in northern, Mexico consists in the continuous replacement of wheat cultivars. So far, no information is available regarding water stress resistance of current wheat cultivars. This is especially critical on some areas of the 014 irrigation district where water availability on canals is not enough to supply crop demand between the booting stage and the grain filling period stage. Therefore, 9 wheat cultivars were tested at the Instituto de Ciencias Agrícolas of the Universidad Autónoma de Baja California using a split plot design with four replications. Main plot consisted in the number of irrigations and subplot consisted in wheat cultivar. Results show an overall 20% yield reduction when the grain filling irrigation is avoided, being at this stage, Aconchi C-89, Rayón F-89 and Atil C-2000 the more tolerant cultivars to water stress. Also, an overall 42% yield reduction was attained once the flowering and grain filling irrigations were skipped. The most tolerant cultivars under the previous condition were Rayón C-89, Aconchi C-89 and Rio Colorado 2000.

Key words: *water stress, grain yield, harvest index.*

Introducción

El trigo es uno de los cultivos importantes en el noroeste de México y Valle de Mexicali B. C. debido a la superficie sembrada anualmente que es de aproximadamente 365 000 y 100 000 hectáreas respectivamente (SAGARPA, 2008). Cambiar variedades buscando aumentar el rendimiento y calidad de grano es una estrategia utilizada comúnmente en las zonas trigueras del noroeste de México, tal y como ocurre en el Valle de Mexicali. Sin embargo se carece de información actualizada relativa a la tolerancia a estrés hídrico de los nuevos materiales; característica deseable en las zonas marginales del distrito de riego 014 y la afectada por el terremoto del 4 de abril 2010; donde la disponibilidad de agua en la red de canales, impacta en la eficacia y eficiencia de los riegos entre embuche y llenado de grano. La Influencia del estrés hídrico en el rendimiento de grano es una características en las variedades que se debe de conocer para amortiguar un déficit en la rentabilidad del ejercicio agrícola.

Desde el punto de vista de la generación del rendimiento, el ciclo del cultivo de trigo se puede dividir en tres periodos: (i) el de expansión del área foliar, (ii) el de crecimiento de las espigas (PCE), y (iii) el de llenado de los granos. Al someter a estrés el cultivo en la primera etapa se genera pérdida de área foliar, sin embargo al evitar el estrés hídrico en la etapa posterior no se espera una disminución del rendimiento (Abbate et al., 1998). Un estrés hídrico en encañe provoca una pérdida de rendimiento del 15 %, sin embargo incrementa el índice de cosecha (Zhaohui et al., 2005).

El estrés hídrico durante el crecimiento de espiga puede reducir el peso de espigas (Abbate et al., 2000). En trigo la mayor parte de los asimilados que se almacenan en los granos se generan durante su llenado. La contribución de reservas preanthesis no aumenta con sequía cuando se la expresa como proporción del peso seco del cultivo en anthesis, pero se incrementa como proporción del rendimiento (Bidinger et al., 1977). En la etapa de llenado de grano en el cultivo de trigo es importante que el suelo se mantenga con humedad ya que el rendimiento de grano se define en gran medida en esta etapa y un estrés hídrico puede disminuirlo hasta un 91 % (Zhaohui Wang et al. 2005).

Las etapas sensitivas al estrés hídrico en trigo son encalle a embuche, floración y llenado de grano. Zhang and Oweis (1999). En la producción de trigo se efectúan tres riegos en planta, distribuidos en encalle, espiga-floración y el tercero en grano lechoso con el objetivo de eficientizar el agua de riego sin afectar las etapas críticas del rendimiento por estrés (Ortiz, 2009). Considerando la necesidad de conocer la respuesta al estrés hídrico de las variedades que se siembran en el Valle de Mexicali B. C., el presente trabajo tiene como objetivo: Identificar variedades de trigo con tolerancia y sensibilidad a estrés hídrico.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en el campo agrícola experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas del valle Mexicali, Baja California ($32^{\circ} 24' N$, $115^{\circ} 11' W$, altitud 9 m). El clima del lugar se clasifica como árido cálido, muy extremo, con una temperatura media anual de $22.9^{\circ} C$, máxima de $48.5^{\circ} C$ y mínima durante invierno de $-7.0^{\circ} C$, con una precipitación media anual de 60 mm (García, 1988). El suelo donde se estableció el experimento es de textura arcillosa, conductividad eléctrica de $6.0 dS m^{-1}$ y un pH de 8.0. Se establecieron 3 parcelas grandes (riegos) de $15000 m^2$; dividiéndose cada una en 9 parcelas chicas (variedades) de $1674 m^2$. Se sembraron 9 variedades comerciales de trigo: 2 variedades del grupo I (Avelino F- 2004 y Rayón F-89) y 7 variedades del grupo V (Aconchi C-89, Rafi C-97, Atil C-2000, Río Colorado C-2000, Jupare C-2002, Banamichi C-2004 y Samayoa C-2004). La siembra se realizó en seco, en surcos de 1 m de ancho a doble hilera y con una densidad de siembra de $90 kg ha^{-1}$, el riego de germinación se aplicó el 8 de diciembre del 2010. El programa de fertilización consistió de $265 kg N ha^{-1}$ y $78 kg de P ha^{-1}$, distribuidos de la siguiente manera: 32 % del N y el 100% del P se aplicó en presiembra a chorrillo, mediante $150 kg ha^{-1}$ de urea y $150 kg ha^{-1}$ fosfato monoamónico; el 17 % del N en el primer riego de auxilio con $100 kg ha^{-1}$ de urea aplicados en chorrillo, el 41 % de N en el segundo riego de auxilio con $100 kg ha^{-1}$ de amoníaco + $80 kg ha^{-1}$ de UAN-32 en el agua de riego y el 10 % de N en el tercer riego de auxilio con $80 kg ha^{-1}$ de UAN-32 en el agua de riego. Los riegos se efectuaron cuando el suelo tenía un contenido de humedad aprovechable del 60%, para lo cual se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 0-30 cm y se determinó la humedad por el método gravimétrico (NOM-021-RECNAT-2000). Para el control de malas hierbas, se aplicó una dosis de Mesosulfuron-Methyl $500 g i.a. ha^{-1}$ + Triasulfurón $5 gr i.a. ha^{-1}$. Se utilizó lambbacyhalotrina $100 cc i.a. ha^{-1}$ + $0.5 lt / ha$ de dimetoato para el control de pulgón. El diseño del experimento fue en bloques al azar con cuatro repeticiones con arreglo de tratamientos en parcelas divididas. La parcela grande consistió en número de riegos con 3 niveles. Nivel 1= G, A, E. Nivel 2 = G, A, E, F. Nivel 3 = G, A, E, F. Donde G = Germinación, A = amacollo, E = encalle-embuche, F = Espiga-floración, LL = Llenado de grano. La parcela chica consistió en cada variedad. Los tratamientos se formaron por la combinación de variedades con número de riegos. El análisis estadístico consistió en análisis de varianza ajustado por la covarianza número de plantas por m^2 y prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significancia de $\alpha= 0.05$, utilizando el software SAS ver. 9. Las variables a evaluadas son rendimiento de grano, e índice de cosecha.

Resultados y Discusión

Según se observa en el cuadro 1, el rendimiento de grano de trigo está influenciado por el número de riegos aplicados al cultivo ($P \leq 0.01$).

Cuadro 1. Rendimiento de grano de trigo (Mg ha^{-1}) con diferente número de riegos de auxilio.

Riegos	Descripción	Rendimiento	Significancia Duncan ($\alpha = 0.05$)
4	G, A, E, F LL	7.1	A
3	G, A, E, F	5.7	B
2	G, A, E	4.1	C

G=Germinación, A= amacollo, E= encalle-embuche, F=Espiga-floración, LL=Llenado de grano

Existe una disminución del 20 % del rendimiento al eliminar el riego LL, el cual corresponde a 1.4 Mg ha^{-1} de grano. Existe una disminución del 42 % del rendimiento de grano al eliminar los riegos F y LL, el cual corresponde a 3 Mg ha^{-1} . Esto concuerda con Zhaohui Wang et al. 2005.

Según se observa en la figura 1, La variedad que mostró tolerancia al estrés hídrico provocado por la falta del riego LL y F, fue Rayón F-89 con 5.9 Mg ha^{-1} , seguida de Aconchi C-89 con 4.8, Avelino F-2004 con 4.7 y Río Colorado C-2000 con 4.4 Mg ha^{-1} de grano. Las variedades menos tolerantes fueron Banamichi C-2004 y Rafi C-97 con 2.0 y 3.7 Mg ha^{-1} de grano respectivamente. Atil C-2000, Jupare C-2002 y Samayoa C-2004 mostraron tolerancia media con 4 Mg ha^{-1} de grano respectivamente.

Para el caso del estrés hídrico provocado por la falta del riego LL, la variedad con mayor tolerancia fue Aconchi C-89 al mantener su rendimiento de 6.5 Mg ha^{-1} de grano. Sin embargo Rayón F-86 y Atil C-2000 mostraron un rendimiento similar a Aconchi C-89; 6.4 y 6.3 Mg ha^{-1} de grano respectivamente.

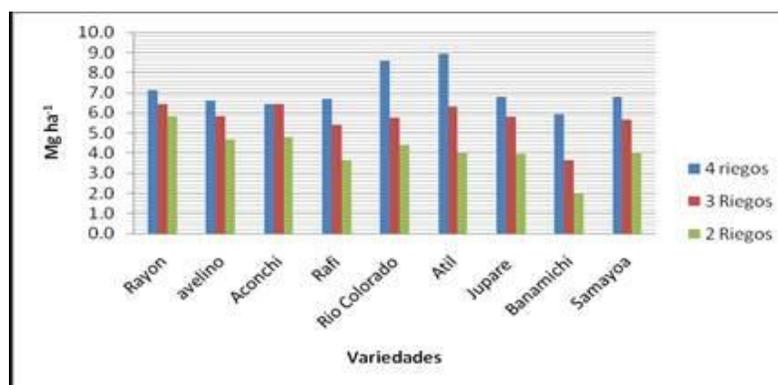


Figura 1. Rendimiento de grano (Mg ha^{-1}) de variedades de trigo con diferente número de riegos de Auxilio.

Según el cuadro 2, el índice de cosecha obtenido por las variedades bajo estudio, no está interaccionado por la variedad y el número de riegos ($P \leq 0.08$).

Cuadro 2. Índice de cosecha expresado en porcentaje con diferente número de riegos de auxilio.

Riegos	Descripción	Rendimiento	Significancia Duncan ($\alpha = 0.05$)
4	G, A, E, F LL	65.94	A
3	G, A, E, F	59.6	B
2	G, A, E	57.49	C

G=Germinación, A= amacollo, E= encalle-embuche, F=Espiga-floración, LL=Llenado de grano

Existe una disminución del 10 % del índice de cosecha al eliminar el riego LL. Existe una disminución del 12 % del índice de cosecha al eliminar los riegos F y LL. En general el índice de cosecha disminuye al aumentar el estrés hídrico.

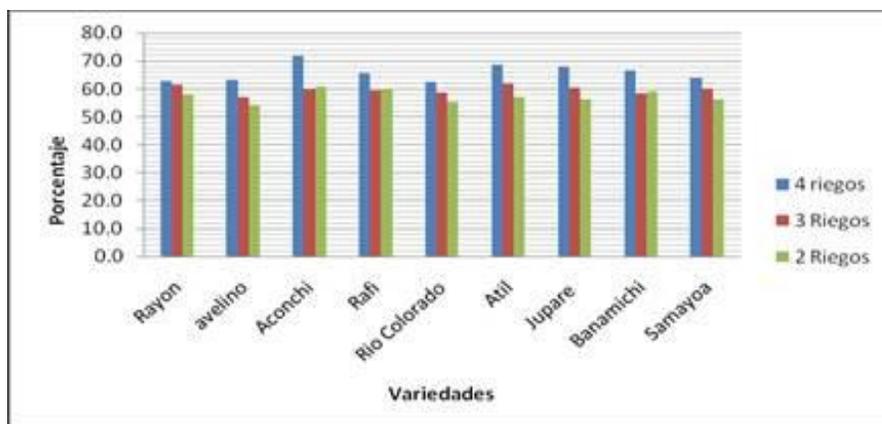


Figura 2. Índice de cosecha de variedades de grano influenciado por diferentes número de riegos.

Según la figura 2, la variedad Aconchi C-89 sin estrés hídrico presenta el mayor índice de cosecha 71.7 %. Seguida por Atil C-2000 68.8 %, Jupare C-2002 67.9 % y Banamichi C- 2004 66.5 %. Bajo condiciones de estrés hídrico provocado por la falta del riego LL y F las variedades Aconchi C-89, Rafi C-97 Y Banamichi C-2004 incrementan su índice de cosecha con respecto al estrés hídrico provocado por la falta del riego F; esto concuerda con Zhaohui et al, 2005. Sin embargo el rendimiento de grano de las variedades Banamichi y Rafi son las dos más bajas 2.0 y 3.7 Mg ha⁻¹ de grano respectivamente, no ha si para Aconchi C-89 que presenta un rendimiento de los más alto con 4.8 Mg ha⁻¹. Lo anterior indica, que si se incrementa el índice de cosecha, este no es determinante para la producción.

Conclusiones

El rendimiento de grano de trigo de las variedades bajo estudio resultó estadísticamente influido por el número de riegos aplicados. De manera general, las mayores reducciones en rendimiento ocurrieron durante el estrés hídrico provocado por la falta de los riegos F y LL (42%), asimismo, las variedades con mayor tolerancia a la disminución del número de riegos fueron: Rayón C-89, Aconchi C-89 y Rio Colorado C- 2000.

Literatura citada

- Abbate, P.E, M. G. Cantarero, L. Lázaro, J. L. Dardanelli, E. E. Suero y J. H. Bariffi. 1998. Actas del IV Congreso nacional de trigo. Mar del Plata.
- Abbate, P.E., J. L. Dardanelli, M. G. Cantarero, M. Maturano, R. J. M. Melchiori y E. E. Suero. 2000. Actas VIII Reunión Argentina de Agrometeorología. Argentina.
- Bidinger, F., R. B. Musgrave, R. A. Fischer. 1977. Contribution of stored pre-anthesis assimilate to grain yield in wheat and barley. *Nature* 270:431-433.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM, México.
- SAGARPA, 2008. Estadística Agrícola básica. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (última revisión: Junio de 2009).
- NOM-021-RECNAT-2000. NORMA Oficial Mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y recursos Naturales. Diario Oficial del 31 de diciembre 200, segunda sección. México.
- Ortiz, E. J. 2009. Seminario sobre la tecnología para la producción de trigo. Centro de investigación Regional del Noroeste, Campo experimental Valle del Yaqui, memoria técnica núm. 1. Cd Obregon, Sonora, México.
- Zhang H. and T. Oweis. 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean. *Agr. Water Manag.* 38: 195-211.
- Zhaohui, W., L. Cecil L. y S. Sukhdev. 2005. Effects of water deficit and supplemental irrigation on winter wheat grown, grain yield and quality, nutrient uptake, and residual mineral nitrogen in soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 36: 1405-1419.

MICROBIOTA DE CILIADOS FLAGELADOS Y ALGAS DE LA LAGUNA DEL AMOR, EL ESTERO CONCHAL Y LA ISLA DEL AMOR EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO

Rinza Fernández Ximena¹, Peralta Vite Diana Rosario¹, Herrera Herrera Yolanda¹, Ocampo López María Adelaida², Tomas Rodríguez² y Portillo Bobadilla Tobías².

Carrera de Biología¹,

Profesores de Asignatura², Facultad de Ciencias, UNAM.

E.mails: yolandahh_13@hotmail.com, chinitamacri@hotmail.com, xi_mena12@hotmail.com, yoyitos5020@gmail.com, yoyitos5020@hotmail.com, adelaidao@gmail.com², trodriguez@ecologia.unam.mx tobiasportillo@gmail.com

Resumen

El presente trabajo fue realizado en el estero del conchal que une a la laguna larga, el río Jamapa y al golfo de México ubicados en el estado de Veracruz. Se recolectaron algas macroscópicas en las orillas del estero, algunas algas fueron encontradas flotando y otras adheridas en las rocas ya sea a la altura del golpe del oleaje o entre una profundidad de aproximadamente medio metro hasta llegar a la superficie. Primero se observaron todas las muestras y posteriormente se identificaron los microorganismos encontrados en las muestras. Los resultados obtenidos mostraron una gran variedad de especies de diatomeas en la que resalta la especie *Lictho desmium abbreviata*, Ciliados como las especies de *Euplotes eurystomus* y cabe destacar que no se encontraron flagelados en ninguna muestra. Con estos resultados se puede concluir que en esta área hay gran biodiversidad de organismos por lo que se pide a la comunidad científica y estudiantil conservar esta área.

Palabras clave: *Laguna, mar, río, estero, macro algas, micro algas, ciliados, Bacillariophyta.*

Abstract

This work was conducted in the estuary of the Conchal, at the junction of the Laguna Larga, Rio Jamapa, and the Golfo de Mexico, in the State of Veracruz, Mexico. Macroscopic algae were collected on the banks of the estuary, some floating and other rocks stuck in either height or shock wave from a depth of about half a meter. The samples were observed and subsequently the microorganisms were identified. The results showed a variety of diatom species the more abundants were the species *Lictho desmium abbreviata*, Ciliates as *eurystomus Euplotes* species and it important to mention that no flagellates were found. It can be concluded that in the estuary there are a great biodiversity of organisms, that must be preserved by the students and the scientific community.

Key Words: *lagoon, sea, river, estuary, macro algae, micro algae, ciliates, Bacillariophyta.*

ECOLOGÍA, GRADO DE CONSERVACIÓN Y RIQUEZA DE LOS GRUPOS DE CILIADOS, FLAGELADOS, AMEBAS Y ALGAS EN LOS ECOSISTEMAS DE EL SALADO, ASÍ COMO EN LAS RIZADURAS DE OLEAJE Y EL LAGO CRÁTER DE ALCHICHICA EN LOS ESTADOS DE PUEBLA Y VERACRUZ

Vázquez Camacho Catalina¹, **García Bulle Bueno Francisco**¹, **Gutiérrez Carranza Ishwari Giovanni**¹, **González Sandoval Belén**¹, **Ocampo López María Adelaida**² y **Portillo Bobadilla Tobías**².
Estudiantes de la Carrera de Biología¹, Profesores de Asignatura², Facultad de Ciencias, UNAM.
E-mail: keiry92@gmail.com¹, fgarciabull@gmail.com, gtz.c.ishwari@gmail.com, belen_lamaga@hotmail.com, yoyitos5020@gmail.com, yoyitos5020@hotmail.com, adelaidao@gmail.com², tobiasportillo@gmail.com

Resumen

El trabajo de investigación fue realizado en un ecosistema conservado y aislado como son: las Salinas, las Rizaduras y el Lago Cráter de Alchichica en el estado de Puebla. En esta área se evaluaron los distintos microhábitats y se adecuaron los transectos para muestrear en forma de que se englobara, de tal manera que se incluya la mayor diversidad posible. Los análisis de estos estudios muestran claramente que existe una gran diversidad y riqueza de especies que demuestra la conservación de estos microhábitats. Al mismo tiempo, la gran diversidad registrada y citada por primera vez para estos ecosistemas como son cuatro especies de ciliados, dos flagelados, dos amebas y seis especies de algas muestran y confirman rotundamente las estrategias de conservación y preservación de estos ambientes que han llevado a cabo las familias y las autoridades municipales preocupadas por el mantenimiento y restauración de sus recursos naturales. Asimismo, estos diferentes organismos registrados en estas zonas de estudio, muestran invariablemente el alto grado de conservación y sucesión de especies expresadas como la microbiota que habita en estos ecosistemas, tanto los inundables, geológicos y estratigráficos así como los lacustres y salobres.

Palabras clave: *microbiota, ciliados, flagelados, algas, diatomeas, riqueza, biodiversidad.*

ECOLOGÍA Y DIVERSIDAD DE LOS GRUPOS DE CILIADOS Y MACRO Y MICROALGAS EN LA LAGUNA DE MANDINGA GRANDE EN VERACRUZ, MÉXICO

Peralta Vite Diana Rosario¹, Herrera Herrera Yolanda¹, Rinza Fernández Ximena¹, María Adelaida Ocampo López², Tomas Rodríguez² y Tobías Portillo Bobadilla²

Grupo 5020, Biología de Protistas y Algas¹, Profesores de Asignatura², Facultad de Ciencias, UNAM.

E-mails: yolandahh_13@hotmail.com, chinitamacri@hotmail.com, xi_mena12@hotmail.com,

yoyitos5020@hotmail.com, yoyitos5020@hotmail.com, adelaidao@gmail.com,

trodriguez@ecologia.unam.mx, tobiasportillo@gmail.com

Resumen

El presente trabajo fue realizado en la laguna de Mandinga Grande, Veracruz. Se recolectaron muestras de sustrato, agua y raíces en un transecto de 1 m, que se midió a partir de la orilla de una de las islas que se encuentran en la laguna. Se hizo la recolección de las muestras las cuales se observaron mediante un microscopio óptico. Los resultados obtenidos mostraron una gran variedad de especies de diatomeas en la que prevalecen *Gomphonema parvulum*, *Synedra socia* y *Cymbella mexicana*. Se encontró solo una especie de algas filamentosas la cual fue: *Tribonema sp.*, así como ciliados de las especies: *Paramecium caudatum* y *Paramecium bursaria*, y fueron identificados mediante el catálogo de la cantera y del Manual de ciliados psamófilos marinos y salobres de México.

Con estos resultados se llegó a la conclusión que en esta área existe gran biodiversidad de organismos por lo que se pide a la comunidad científica, estudiantil y civil conservar esta área natural.

Palabras clave: Manglares, balbas de ostión, hábitat salobre, biodiversidad, organismos eucariontes unicelulares.

CONSERVACION DE ECOSISTEMAS DE RIBERA EN LA CUENCA DEL RIO CHIQUITO, MORELIA, MICH.

Tagle Rojas Alberto F. Gómez¹, Zepeda Castro Hugo²

¹Instituto de Investigación sobre los Recursos Naturales INIRENA-UMSNH
dr.alberto.gomez.tagle@gmail.com

²Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente SUMA, Gobierno de Michoacán.

Resumen

Se determinó el estado de conservación de los ecosistemas de ribera del Arroyo Tiquio, perteneciente a la microcuenca del Río Chiquito, al sureste de Morelia, Mich. y se establecieron las relaciones que guarda con el uso del suelo de su cuenca. Mediante fotointerpretación y un Sistema de Información Geográfica, se definieron y calcularon superficies de categorías de uso del suelo, en tres zonas de la cuenca. Mediante indicadores ecológicos cualitativos, se determinó el grado de conservación de 48 tramos de arroyo de 32 m de longitud y se calcularon coeficientes de correlación canónica, se estimó su relación con los diferentes usos del suelo para las tres áreas de influencia mencionadas. Los resultados muestran un patrón semejante en la distribución del uso del suelo para las tres áreas de influencia, las zonas arboladas (bosque denso y de mediana cobertura), se distribuyen sobre todo en la parte media, en la parte baja, dominan las áreas de agricultura de temporal, y en la parte alta, las áreas de matorral. Los índices de correlación canónica revelan alta correlación entre el grado de conservación del arroyo y el uso del suelo en las tres áreas, sin embargo, su valor es mayor para el área acumulativa, seguido por la adyacente y finalmente la directa. Se concluye que el uso del suelo de la cuenca es el responsable del grado de conservación de los ecosistemas de ribera en el Arroyo Tiquio.

Palabras clave: *Cuencas, Arroyos, Ecosistemas de Ribera.*

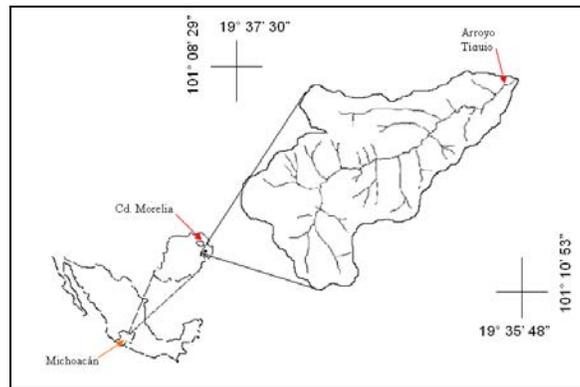
Introducción

En forma reciente, las áreas riparias (ecosistemas de ribera) han sido consideradas como ecosistemas claves para la sobrevivencia y el desarrollo de las sociedades humanas (Crandall, 1992). Su importancia es tal, que instituciones de algunos países como Estados Unidos, Suecia y Canadá han destinado elevados presupuestos a la investigación básica y aplicada en un intento por desarrollar la tecnología que permita la restauración de las áreas degradadas y el manejo apropiado de las mejor conservadas. Estas zonas se reconocen como ecosistemas únicos que presentan alta sensibilidad a la degradación y son el reflejo de los procesos que ocurren en la cuenca que los rodea (DeBano y Schmidt *op. cit.*), de tal manera que permiten reconocer de manera rápida y confiable el estado de salud de la cuenca o de las partes que la componen. En México, la diversidad orográfica ha favorecido la existencia de estos ecosistemas, identificándose alrededor de 172 grandes ríos perennes que transportan un promedio de 375 billones de metros cúbicos de agua anualmente. Sin embargo, muchas áreas riparias del país han sufrido diversos grados de disturbio, resultando en la pérdida de vegetación natural, de cantidad y calidad del agua y de la vida silvestre. Las causas principales han sido el sobrepastoreo, bombeo excesivo de agua subterránea y la reducción de la cubierta vegetal (Solís-Garza, Brady y Medina, 1993). No obstante su importancia ecológica y económica, en México existe información muy limitada con respecto a las características de estos ecosistemas, desde cualquier perspectiva. No se conoce la superficie ocupan, que significan cuantitativamente en términos ecológicos y económicos para el país (a pesar de ser zonas federales y estar considerados como zonas de reserva permanentes e intocables en la Ley Federal de Aguas) y la tecnología para su restauración y manejo es prácticamente inexistente.

Estos hechos motivaron la realización del presente trabajo, en el que se pretende evaluar los ecosistemas riparios de la microcuenca del Arroyo Tiquio, un afluente del Río Chiquito, municipio de Morelia.

Materiales y Métodos

La microcuenca del Arroyo Tiquio, Mpio. de Morelia, forma parte de la microcuenca del Río Chiquito de Morelia, dentro de la cuenca endorreica del Lago de Cuitzeo. Se encuentra ubicada al S-SE de la ciudad de Morelia, entre las coordenadas geográficas: 19° 35' 48" y 19° 37' 30" de latitud norte, 101° 08' 29" y 101° 10' 53" de longitud oeste del meridiano de Greenwich. La superficie que ocupa es de 6.35 km² (635 ha).



Delimitación de la zona de trabajo

En primer término se **delimitó la zona de estudio** siguiendo el criterio de cuencas hidrográficas, trazando una línea divisoria por las partes de mayor elevación (parteaguas), tomando como base la carta topográfica del INEGI, escala 1:50,000 y con el apoyo de fotografías aéreas de la zona a escala 1:25000 (COFOM, 1992).

Fotointerpretación

Con el objeto de tener un reconocimiento previo acerca de los usos del suelo de la cuenca, se determinaron los rasgos aerofotográficos, mediante pares estereoscópicos de aerofotografías a escala 1:25000 (COFOM, 1992) y 1:75 000 (INEGI, 1995) y un estereoscopio de espejos, marca WILD Heerbrugg. Se delimitaron los usos del suelo para toda la cuenca definidos como: bosque espeso (>75% de cobertura), bosque de mediana cobertura (25-75 %), bosque ralo (<25%), matorral, matorral-pastizal, pastizal, agricultura, zonas de alta erosión (cárcavas) y uso urbano, de acuerdo con la adaptación hecha por Gómez-Tagle Chávez (1999) a partir de las categorías empleadas en el Inventario Nacional Forestal (1994). Posteriormente se efectuaron verificaciones de campo en varios puntos de la cuenca.

Parámetros de Calificación. Se aplicó la siguiente escala de valoración semicuantitativa:

Parámetro	Calificación correspondiente
80-100	0
60-80	2
40-60	4
20-40	6
1-20	8
0-1	10

Para cada uno de los parámetros que a continuación se presentan:

Vegetación. Fue evaluada respecto a las siguientes propiedades:

- Presencia de especies típicas de áreas riparias e indicadoras de humedad
- Cobertura de los estratos arbustivo y arbóreo

- c) Estructura vertical de la vegetación
d) Vigor de las plantas

Agua y morfología

- a) Tipo morfológico del cauce.
b) Cantidad relativa de sedimentos depositados en del cauce
c) Régimen de flujo del agua
d) Materiales que disipan la energía del flujo en el cauce
e) Colonización de los depósitos de materiales por las plantas

Suelo

- a) Evidencias de saturación periódica.
b) Evidencias de alta infiltración.
c) Evidencias de erosión

Disturbios

- a) Compactación del suelo ocasionada por el ganado
b) Cobertura vegetal del banco de ribera en sitios pastoreados.
c) Derrumbes del banco de ribera ocasionados por el pisoteo del ganado.
d) La presencia de caminos y brechas adyacentes al área riparia.
e) Evidencias de incendios en el área riparia.
f) Tala de árboles en la zona de ribera.
g) Presencia de terrenos de cultivo adyacentes al arroyo.

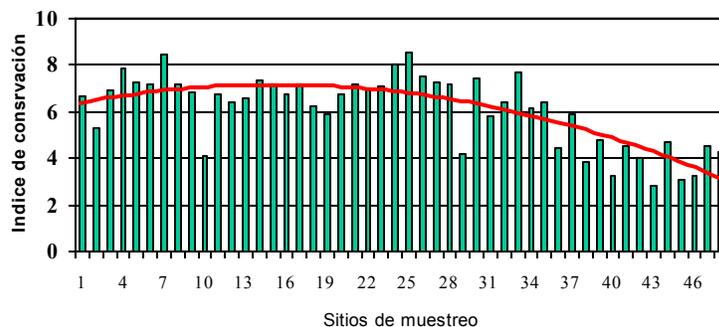
Resultados y Discusión

A continuación se presenta el cuadro de resultados de evaluación a los parámetros citados y la calificación asignada.

Subíndice	VEGETACION						AGUA Y MORFOLOGIA						SUELO				DISTURBIOS								PRO MED.
	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	X	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	X	3.1	3.2	3.3	X	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	X	
SITIO																									
1	8	8	6	6	8	7.2	10	10	0	5	4	5.8	0	8	8	5.3	8	10	10	10	10	0	10	8.2	6.65
2	2	8	8	2	6	5.2	6	10	0	0	10	5.2	0	8	8	5.3	8	8	2	10	10	0	0	5.4	5.75
3	2	8	10	6	8	6.8	10	8	5	5	8	7.2	10	6	8	8.0	10	10	10	10	0	0	0	5.7	7.24
4	8	6	8	8	8	7.6	10	8	10	10	10	9.6	10	8	8	8.6	8	10	10	10	0	0	0	5.4	7.83
5	2	8	8	10	8	7.2	10	10	10	10	10	10.0	10	0	8	6.0	10	10	10	0	0	0	10	5.7	7.26
6	8	6	8	8	6	7.2	6	2	10	10	10	7.6	10	8	8	8.6	8	8	8	0	2	0	10	5.1	6.48
7	10	10	10	10	8	9.6	10	10	10	10	2	8.4	10	10	10	10	10	10	10	0	10	0	0	5.7	8.37
8	6	8	10	4	6	6.8	10	6	10	5	4	7.0	10	10	8	9.3	8	10	10	0	10	0	0	5.4	7.27
9	8	6	10	8	6	7.6	6	8	10	10	4	7.6	10	6	8	8.0	8	8	10	0	2	0	0	4.0	6.44
10	2	6	8	8	6	6.0	0	0	10	0	4	2.8	10	0	8	6.0	0	0	2	0	10	0	0	1.7	3.82
11	10	6	8	4	8	7.2	8	2	10	10	2	6.4	10	6	8	8.0	8	10	10	0	10	0	0	5.4	6.37
12	10	8	10	2	6	7.2	10	0	10	10	2	6.4	10	0	8	6.0	10	10	10	0	2	0	10	6.0	6.82
13	10	8	10	2	8	7.6	0	0	10	2	2	2.8	10	8	8	8.6	10	10	10	0	10	0	10	7.1	7.28
14	10	10	10	2	8	8.0	10	0	10	10	2	6.4	10	6	8	8.0	10	10	10	0	10	0	10	7.1	7.62
15	10	8	10	4	4	7.2	10	6	10	0	8	6.8	10	6	8	8.0	10	10	10	0	8	0	10	6.8	7.36
16	4	6	10	2	6	5.6	10	0	10	10	2	6.4	10	6	8	8.0	10	10	10	0	10	0	10	7.1	7.00
17	10	6	10	6	6	7.6	6	2	10	10	2	6.0	10	8	6	8.0	10	10	10	0	10	0	10	7.1	7.09
18	8	5	8	0	2	4.6	10	0	10	10	0	6.0	10	6	6	7.3	10	10	10	0	10	0	10	7.1	6.66

19	10	2	10	2	4	5.6	3	0	10	5	2	4.0	10	4	8	7.3	8	10	10	0	8	0	10	6.5	6.51
20	10	8	10	2	2	6.4	8	0	10	5	4	5.4	10	4	8	7.3	6	10	10	0	10	10	10	8.0	6.99
21	10	8	10	0	8	7.2	10	0	10	10	0	6.0	10	8	8	8.6	8	10	10	0	10	0	10	6.8	7.23
22	8	6	8	4	8	6.8	6	0	10	5	8	5.8	10	8	8	8.6	8	10	10	0	10	0	10	6.8	6.90
23	10	2	8	4	6	6.0	10	2	10	10	6	7.6	10	6	8	8.0	8	10	10	0	10	0	10	6.8	6.88
24	10	10	10	2	8	8.0	10	0	10	10	0	6.0	10	8	10	9.3	10	10	10	0	10	10	10	8.5	8.07
25	10	10	10	6	8	8.8	10	4	10	10	6	8.0	10	8	8	8.6	10	10	10	0	10	10	10	8.5	8.25
26	10	6	8	6	6	7.2	7	2	10	5	8	6.4	10	6	8	8.0	10	10	10	0	10	10	10	8.5	7.55
27	8	8	6	2	8	6.4	10	0	10	10	6	7.2	10	8	8	8.6	8	10	10	0	10	10	0	6.8	7.46
28	10	6	10	2	8	7.2	10	0	10	5	4	5.8	10	8	8	8.6	10	10	10	0	10	0	10	7.1	7.36
29	4	2	6	0	2	2.8	8	0	10	5	2	5.0	10	2	8	6.6	6	8	2	0	1	0	0	2.4	3.68
30	8	6	10	4	8	7.2	10	4	10	10	0	6.8	10	8	8	8.6	10	10	10	0	10	0	10	7.1	7.70
31	6	4	8	0	8	5.2	10	6	10	5	2	6.6	10	2	8	6.6	4	6	4	0	10	0	10	4.8	5.08
32	8	6	10	4	4	6.4	6	8	10	5	8	7.4	10	6	8	8.0	4	2	2	0	10	0	10	4.0	5.74
33	10	3	8	0	8	5.8	10	0	10	10	6	7.2	10	8	10	9.3	10	10	10	0	10	10	10	8.5	7.55
34	4	8	10	2	2	5.2	10	6	10	5	0	6.2	10	4	6	6.6	6	10	10	0	10	0	10	6.5	6.28
35	6	6	10	2	4	5.6	10	6	10	10	4	8.0	10	6	6	7.3	4	8	2	0	10	0	10	4.8	5.96
36	4	2	8	2	4	4.0	6	2	10	5	0	4.6	10	4	8	7.3	2	0	0	0	10	0	0	1.7	3.72
37	8	8	10	2	8	7.2	10	0	10	10	0	6.0	10	0	8	6.0	2	10	8	0	10	0	0	4.2	5.65
38	2	8	6	0	4	4.0	10	2	10	0	0	4.4	10	0	6	5.3	0	2	0	0	10	0	0	1.7	3.08
39	10	6	8	2	0	5.2	10	0	10	10	2	6.4	10	0	4	4.6	0	2	8	0	10	0	0	2.8	4.36
40	0	6	6	0	2	2.8	6	0	10	0	0	3.2	10	0	6	5.3	0	2	0	0	10	0	0	1.7	2.85
41	10	4	6	0	2	4.4	10	6	10	0	0	5.2	10	0	4	4.6	0	8	10	0	10	0	0	4.0	4.82
42	8	2	6	0	4	4.0	10	6	10	0	0	5.2	10	0	6	5.3	0	0	0	0	10	0	0	1.4	3.10
43	0	2	4	0	0	1.2	10	0	10	0	0	4.0	10	0	4	4.6	0	0	0	0	10	0	0	1.4	3.39
44	6	3	6	2	4	4.2	10	0	10	10	2	6.4	10	0	4	4.6	0	2	2	0	10	10	0	3.4	3.62
45	0	3	6	0	0	1.8	10	0	5	5	0	4.0	10	0	4	4.6	0	4	0	0	10	0	0	2.0	2.54
46	0	0	8	0	2	2.0	6	0	5	5	0	3.2	10	0	6	5.3	0	6	2	0	10	0	0	2.5	2.53
47	4	0	8	2	4	3.6	10	0	5	10	2	5.4	10	0	4	4.6	0	2	8	0	10	10	0	4.2	3.35
48	6	2	6	2	2	3.6	10	6	5	5	2	5.6	10	0	6	5.3	0	2	6	0	10	0	0	2.5	3.36

Como se aprecia en este cuadro, los valores obtenidos para un mismo sitio reflejan la ausencia de homogeneidad en el estado de conservación de todos sus componentes.



En esta gráfica de distribución espacial de la conservación del arroyo, se muestra la mejor condición hacia las altitudes mayores e intermedias (sitios 1 al 33), los valores promedio son superiores a 6.0 pero no alcanzan el 9.0, mientras que hacia la parte más baja (sitios 34 al 48) se observa una clara tendencia (línea

roja) a la disminución de estos valores, lo que significa que es la zona con las áreas riparias más degradadas de todo el arroyo.

Conclusiones

1. El área riparia presenta diferentes grados de conservación en los distintos tramos del Arroyo Tiquio, desde los bien conservados, hasta los muy degradados.
2. Los sitios mejor conservados se localizan en la parte media y alta del arroyo, mientras que la mayoría de los más degradados están ubicados en la parte baja.
3. El método de diagnóstico empleado mostró alta sensibilidad para detectar cambios y diferencias entre los distintos tramos del arroyo, una propiedad de gran utilidad para el diagnóstico rápido de este tipo de ecosistemas.
4. Se encontró que todos los indicadores utilizados varían en forma conjunta con el uso del suelo, sin embargo, los componentes del suelo y los disturbios presentaron correlación más alta, lo que indica que probablemente son más sensibles a estos cambios.
5. El grado de conservación del área riparia del Arroyo Tiquio, presenta una correlación muy alta con el uso del suelo de su cuenca, principalmente en el área acumulativa y adyacente.

Literatura Citada

- Aguirre-Bravo, C.; L. Eskew; A. B. Villa-Salas y C. E. González-Vicente. 1995. 5° Simposio Bional Mex-EUA. Sociedad para el manejo Sustentable de Ecosistemas Forestales. USDA-FS: RM-GTR-266: 129 pp.
- Brook, J.H. 1985. Physical characteristics and pedogenesis of soils in riparian habitats along the upper Gila River Basin. Paginas 49-53 in riparian Ecosystems and Their Management: Reconciling Conflicting Uses. Proceedings of the Symposium. Us Dep. Agric. For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-20, 523 PP. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO.
- Crandall, B.K. 1992. Measuring the economic values of riparian areas: a case study. in Arid Lands News le her 32: Spuug/Summer. 92-12-51.
- DeBano, F.L. and L. J. Schmidt. 1989. Improving Southwestern Riparian Areas Through Watershed Management. Us Dep. Agric. For. Serv. Gen. Tech. Rep. RM-182, 33 pp. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, CO.

DESBALANCE HIDROLÓGICO Y ESCASEZ DE AGUA EN CUENCAS DEL NOROESTE DE MEXICO: ESTUDIO DE CASO EN LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR

Troyo-Diéquez Enrique^{1,2}, Solís-Garza Gilberto², Cruz-Falcón Arturo¹, Mercado-Mancera Gustavo³, Nieto-Garibay Alejandra¹, Navejas-Jiménez Jesús⁴, Peña-Limón Carlos Enrique²
PAZA, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. La Paz, B.C.S.¹
E-mail: etroyo04@cibnor.mx

Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora.²
FES-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Cuautitlán, Edo. de Méx.³
SESTOD, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Cd. Constitución, B.C.S.⁴

Resumen

El diagnóstico, planeación y ordenamiento de los recursos hídricos en el entorno territorial, impulsa y obliga a establecer la dinámica de sus relaciones con la sociedad y los demás recursos naturales. Para el análisis de la disponibilidad del agua y la proyección de escenarios a futuro, la cuenca se concibe como la unidad geográfico-ambiental que representa el reservorio y captador natural de la concurrencia del agua, y asimismo la fuente de donde la sociedad extrae el recurso para los diferentes usos. El objetivo del presente trabajo fue analizar las consecuencias de la sobreexplotación del agua subterránea en el balance hídrico del acuífero de La Paz. Una condición que prevalece dentro del acuífero, es el déficit hidroambiental generado por una alta evapotranspiración potencial total anual estimada en 2,193 mm, que excede a la precipitación anual de 262.53 mm. Para satisfacer la demanda creciente de agua, se tienen que incrementar las extracciones de agua subterránea a costa del daño que se le induce al acuífero, por la falta de políticas de manejo encaminadas a resolver los problemas de cantidad y calidad del agua. Se analizó la recarga promedio estimada en 27.8 millones m³/año, bajo un régimen de extracción que ocasiona un notorio abatimiento de los niveles de aguas subterráneas dentro de la zona de mayor extracción de uso agrícola y público urbano, calculándose un déficit de -9.15 millones m³/año. Se recomienda aplicar las medidas que coadyuven a estabilizar el acuífero en sus condiciones actuales, a través de un manejo integrado con nuevas ofertas de agua a nivel de micro-cuenca.

Palabras clave: *Desbalance hidrológico, escasez de agua, cuenca, noroeste de México, La Paz BCS.*

Abstract

The diagnosis, planning and management of water resources require the study and determination of its relationships with society and other natural resources. For the analysis of the availability of water and the projection of future scenarios, the watershed is conceived as the geographic-environmental unit that represents the reservoir of the natural water, and also the source from which the society obtains the hydric resource for the different uses. The aim of this study was to analyze the consequences of overexploitation of groundwater on the water balance of La Paz aquifer. A condition prevails within the aquifer, which consists in a hydrological deficit generated by a total annual potential evapotranspiration estimated in 2,193 mm, which exceeds the annual rainfall of 262.53 mm. To meet the growing demand for water, society has to increase the extraction of groundwater at the cost of the damage that is induced into the aquifer, because of a lack of management policies aimed for solving problems related to quantity and water quality. We analyzed the average recharge estimated at 27.8 million m³/year, resulting in a noticeable lowering of water levels groundwater within the area of the greatest use extraction for agricultural and urban public, which generates a calculated deficit of -9.15 million m³/year. We recommend the implementation measures that may contribute to stabilize the aquifer in its current condition, through integrated management of water supply at a micro-basin scale.

Key Words: *Hydrological unbalance, water scarcity, watershed, Northwest México, La Paz BCS.*

Introducción

Para el análisis de la disponibilidad del agua y la proyección de escenarios a futuro, la cuenca se concibe como la unidad geográfico-ambiental que representa el reservorio y captador natural de la concurrencia del agua, y asimismo la fuente de donde la sociedad extrae el recurso para los diferentes usos. La caracterización de la cuenca se fundamenta en el entendimiento de sus principales atributos:

(a) definida por la curva cota-superficie, característica que proporciona una indicación del potencial de la cuenca: su elevación relativa; (b) el coeficiente de forma, proporciona aproximaciones preliminares de la onda de avenida que es capaz de generar: acerca de la topografía del cauce principal, plana o sinuosa, (c) el coeficiente de ramificación, aporta indicaciones preliminares respecto al tipo de onda de avenida: cuantos arroyos participan.

El principal desafío de las áreas urbanas de los municipios y ciudades en desarrollo consiste en enfrentar el problema de la sustentabilidad del servicio de provisión de agua, ya que tales concentraciones de población requieren cada vez mayores volúmenes de agua y un creciente desarrollo de la infraestructura hidráulica para satisfacer la demanda, que con frecuencia excede la capacidad de oferta, dando lugar a desequilibrios ambientales (Soto y Bateman, 2006). Tal es el caso del acuífero de La Paz, donde es importante analizar el balance disponibilidad-demanda, en virtud del inminente crecimiento de las zonas urbanas y conurbadas, principalmente de la Cd. de La Paz, capital del estado de Baja California Sur, por lo que el objetivo del presente trabajo fue analizar las consecuencias de la sobreexplotación del agua subterránea en el balance hídrico del acuífero de La Paz.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El acuífero de La Paz se localiza en la porción costera sureste del estado de Baja California Sur en el denominado valle La Paz, que se ubica entre los paralelos 23°47'24" a 24°10'12" LN, 110°04'48" a 110°35'12" LW con una superficie de 1 275 km² (Cruz-Falcón, 2007). El acuífero brinda el servicio de provisión de agua a la ciudad de La Paz, que cuenta con una población de 198,954 habitantes. El volumen total de agua concesionado fue de 30 018,597 m³ para 2008, del cual 60.86 % se destina al consumo público-urbano, y 34.79 % al sector agrícola (CONAGUA, 2008).

Métodos

Se contabilizaron las extracciones de agua subterránea destinadas a los diferentes usos, las cuales de acuerdo con los registros oficiales y según el censo de aprovechamientos subterráneos considerados dentro de los escenarios para el manejo integrado del acuífero, se estima que con los 30 pozos que opera el Organismo Operador del Municipal del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de La Paz (OOMSAPASLP), se extraen alrededor de 28'190,000 m³/año. Por su parte, se contabilizó que 60 pozos de uso agrícola extraen 7'510,000 m³/año, 175 pozos de uso pecuario y doméstico extraen cerca de 550,000 m³, 3 pozos de uso industrial extraen alrededor de 300,000 m³ y 5 pozos de uso de servicio comercial y de servicios extraen 400,000 m³/año, en números redondos. La integración de los datos anteriores resulta en un total de 273 pozos con un volumen de extracción de 36,950,000 m³/año (CONAGUA, 2008).

De acuerdo con las estimaciones de recarga y extracción y para fincar las bases de una planeación basada en índices y parámetros de sustentabilidad, una manera de diagnosticar el estado del sistema es la construcción de indicadores de sustentabilidad. Dichos indicadores permiten conocer de manera particularizada, las necesidades de manejo de cada sistema, con miras a mantener sus características o mejorar la "productividad", reducir riesgos e incertidumbre, aumentar los servicios ecológicos y socioeconómicos, proteger los recursos y prevenir la degradación de suelos, agua y biodiversidad (Altieri y Rosset, 1997). Para la elección de los indicadores de evaluación, se aplica la técnica de categorización de factores; previamente a partir de la técnica multivariada del análisis de componentes principales se discriminaron y determinaron los factores multicriterio que mostraron el mayor porcentaje de varianza en la explicación de la capacidad productiva (Hanemann y Kanninen, 1996; Hanemann, 1994).

Resultados y Discusión

De acuerdo con el censo oficial de pozos de agua subterránea, en la Figura 1 se muestra la distribución porcentual por el número de pozos, en donde el uso pecuario y doméstico presenta el mayor valor, aunque cabe aclarar que son pozos con dotaciones anuales bajas.

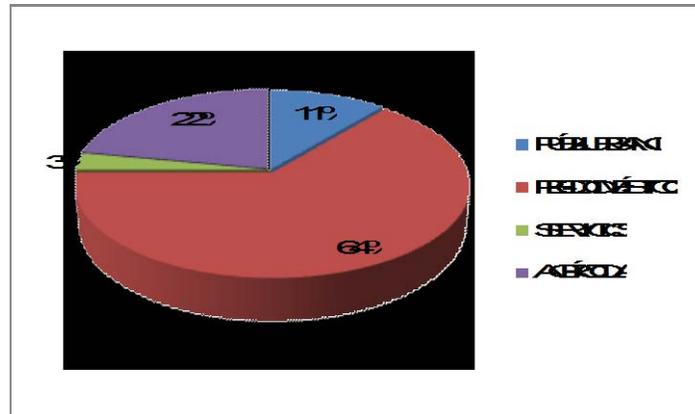


Figura 1. Distribución del número de pozos, según su uso.

Así mismo, se observa que aun cuando el número de pozos para el uso Público Urbano representa el 11% del total de pozos en operación, en la Figura 2 se observa que tal valor corresponde al de mayor volumen de extracción, con una participación del 63% del total de la extracción del acuífero.

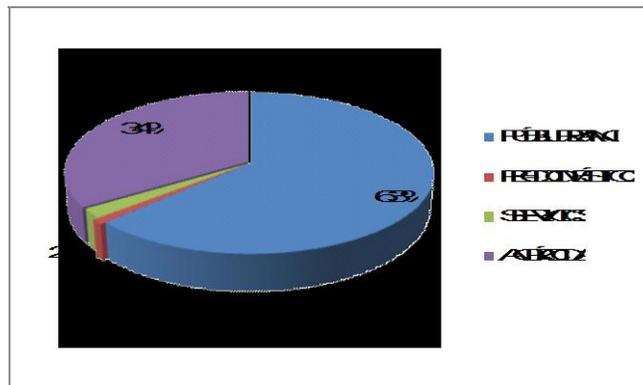


Figura 2. Distribución por el volumen de extracción.

Para un análisis hidrogeológico y socioambiental más detallado del acuífero de La Paz, mediante métodos de configuración geomorfológica y de información geográfica, la cuenca que recarga el acuífero se subdivide en las microcuencas que se ilustran en la Figura 3.

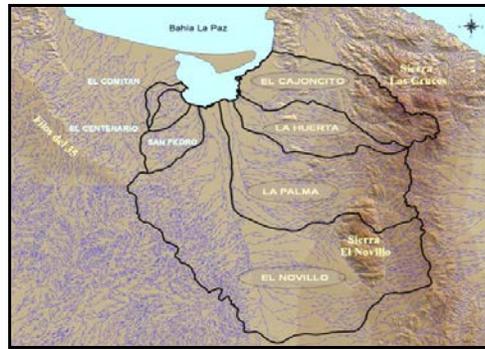


Figura 3. Microcuencas que conforman el acuífero y cuenca de La Paz, Baja California Sur.

Una condición que prevalece dentro del acuífero, es el déficit hidroambiental generado por una alta evapotranspiración potencial total anual estimada en 2,193 mm, que excede a la precipitación anual de 262.53 mm (CONAGUA 2003, 2005).

Al analizar las condiciones de la citada recarga promedio anual dada a conocer en 27.8 millones m^3 /año, bajo un régimen de extracción que mantiene actualmente un fuerte abatimiento de los niveles de aguas subterráneas dentro de la zona de mayor extracción de uso agrícola y público urbano, se estima un déficit real de -9.15 millones m^3 /año. El resumen de la información del balance por microcuenca se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Determinación del déficit hidrológico de agua por microcuenca.

SUBCUENCA	MICROCUENCA		ÁREA Km ²	Rt (Mm ³)	EXTRACCIÓN N (Mm ³)	DÉFICIT (Mm ³)
LA PAZ	1	PALMILLA-PUNTA PRIETA	15.60	0.00	0.00	0.00
	2	EL CAJONCITO	170.21	2.00	3.53	-1.53
	3	LA HUERTA	119.71	7.21	8.32	-1.11
	4	LA PALMA	276.51	16.28	18.25	-1.97
EL DATILAR	5	EL NOVILLO	662.18	2.31	6.85	-4.54
TOTAL:			1244.21	27.80	36.95	-9.15

Conclusiones

Con el valor de extracción de aguas subterráneas que se evidencia en el Cuadro 1, se corrobora que los volúmenes de agua subterránea concesionado se exceden del autorizado, donde principalmente la suma de la extracción del uso público urbano y agrícola rebasan el rendimiento permanente del acuífero, cuyo valor se iguala al de su recarga natural de 27.8 millones m^3 /año ante la ausencia dentro de su funcionamiento de una descarga natural que permita su preservación. De acuerdo con los resultados obtenidos, se debe atender el déficit de agua existente dentro de cada una de las microcuencas emplazadas dentro del acuífero de La Paz, B.C.S., como se define en el balance de las aguas subterráneas concretadas en el Cuadro 1. Para ello es necesario promover y consolidar el intercambio de agua dulce (agua subterránea) por aguas residuales tratadas, para su reutilización dentro de las actividades agropecuarias, con la correspondiente reducción en la extracción de aguas subterráneas dentro de los pozos de uso agrícola que presentan abatimiento en el nivel freático y una alta salinización.

Dicha estrategia debe ser una acción prioritaria para la atención y mitigación de la demanda de la extracción de agua subterránea para el servicio público-urbano (abastecimiento de agua potable).

Las consecuencias inminentes de la sobreexplotación, se preve que se reflejen en: (a) agotamiento gradual de los volúmenes de agua disponibles, y (b) Deterioro de la calidad del agua subterránea con una consecuente inutilización para la sociedad. Para evitar y prevenir dichas consecuencias, debe estimarse y entenderse el balance hidráulico, y debe medirse y valorarse la calidad química del agua.

Literatura Citada

- Altieri, M.A. y Rosset, P.M. 1997. Agroecology versus Input Substitution: a fundamental contradiction of sustainable agriculture. *Society and Natural Resources*. 10(3): 283-195.
- Cruz-Falcón, A. [tesis de doctorado]. 2007. Caracterización y diagnóstico del acuífero de La Paz, B.C.S., mediante estudios geofísicos y geohidrológicos. IPN-CICIMAR. La Paz, B.C.S. México
- CONAGUA. 2003. Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación, México.
- CONAGUA. 2005. Estadísticas del agua en México, México.
- CONAGUA. 2008. Estadísticas del agua en México, México.
- Hanemann W., M. y B. Kanninen. 1996. The Statistical Analysis of Discrete Response CV Data. Working Paper 798, California, Department of Agricultural and Resource Economics, University of California at Berkeley.
- Hanemann W., M. 1994. Valuing the Environment Through Contingent Valuation. *Journal of Economic Perspectives*, 8, U. S., American Economic Association, pp. 19-43.
- Soto Montes de Oca, G. y I. Bateman. 2006. Scope sensitiv in households' willingness to pay for maintained and improved water supplies in a developing world urban area: Investigating the influence of baseline supply quality and income distribution upon stated preferences in México City. *Water Resources Research*, 42, U. S., American Geophysical Union.

OBTENCION DE EL INDICE DE EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN EL CULTIVO DEL ALGODÓN BAJO DOS SISTEMAS DE RIEGO

Escoboza García Fernando¹, Escoto Valdivia Humberto, De La Cerda López Raul¹, Ruiz Alvarado Cristina, Araiza Zuñiga Daniel¹ y Escoboza Garcia Isabel¹.

¹Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Blvd. Delta s/n, Ejido Nuevo León, Mexicali BC, CP 21705 México.

Resumen

Con el objetivo de evaluar el Índice de Eficiencia del uso del Agua (UEA) en kg m^{-3} , de dos sistemas de riego, fue conducido un experimento en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, México, donde se comparó el sistema de riego por gravedad con respecto a un sistema de riego por goteo, bajo un diseño experimental bloques al azar con cuatro repeticiones. La variedad de algodón utilizada fue DP 449 BGRR. Las variables evaluadas fueron rendimiento de algodón en hueso (Rend) y lamina de riego utilizada en cm (Lr). No existió diferencia ($p=0.05$) entre tratamientos para la variable Rend, pero si ($p=0.01$) para la variable Lr. Con 144.25 cm para riego por gravedad y 74.1 cm para goteo, Obteniéndose un EUA de 0.27 kg m^{-3} para riego por gravedad y 0.59 kg m^{-3} en riego por goteo, esto indica que el sistema de riego por goteo fue 2.2 veces más eficiente que el riego superficial.

Palabras clave: Riego algodón, IEU en algodón, Riego por goteo en algodón.

Abstract

In order to evaluate the water use efficiency (WUE) in kg m^{-3} , for two irrigation systems, an experiment was conducted at the Institute of Agricultural Sciences at the Autonomous University of Baja California, Mexico, which compared the gravity irrigation system with respect to a drip irrigation system under a random block experimental design with four replications. The cotton variety used was 449 BGRR DP. The variables studied were cotton yield in bone (Rend) and laminates used for irrigation in cm (Lr). No significant difference ($P=0.05$) between treatments for Rend variable, but if ($P=0.01$) for the variable Lr. 144.25 cm to furrow irrigation and 74.1 cm to drip irrigation. WUE a 0.27 kg m^{-3} for furrow irrigation and 0.59 kg m^{-3} in drip irrigation, this indicates that the drip irrigation system was 2.2 times more efficient than surface irrigation.

Key words: irrigation cotton, efficiency use water in cotton, drip irrigation in cotton.

Introducción

El Valle de Mexicali forma parte del Distrito de Riego No. 14 Río Colorado y del Distrito de Desarrollo Rural 002 Río Colorado, comprende los Estados de Baja California y Sonora; en esta región el algodón es un cultivo de impacto socioeconómico, debido a la magnitud de la superficie que se siembra y la generación de divisas para los agricultores (Machain *et al.*, 2000). En esta región el cultivo del algodón se ha explotado por más de 95 años y su máxima superficie de cosecha fue en la década de los 50 (1951-1960), con un promedio anual de 175,471 hectáreas y un rendimiento medio de 2.15 pacas por hectárea (CNA, 2007). Y estimándose un Índice de Eficiencia del uso del Agua (UEA) de 0.10 kg m^{-3} , en ciclo primavera verano 2010, se sembraron 20 mil hectáreas con un rendimiento de 6.6 pacas por hectárea con un UEA de 0.31 kg m^{-3} (oedrus-bc 2010) esto se debe en gran parte a la utilización de tecnologías modernas y nuevas variedades de algodón. Debido a los atractivos precios del mercado internacional la superficie sembrada en el 2011 fue de 36,494 has (revista). En este distrito, el riego se aplica por gravedad, con agua que proviene del Río Colorado y del acuífero, que en ambos casos su disponibilidad está restringida, dado que el volumen disponible ha sido el mismo desde hace más de 60 años, con una creciente demanda para usos urbanos e industriales, asignándose a los productores una dotación volumétrica de $10109 \text{ m}^3/\text{ha}$. (CNA 2007). Para este cultivo se utiliza una lámina de riego promedio de 140 cm ($14000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) (Escoboza, 1983) ,por lo que el agricultor tiene que hacer uso de excedentes de otros cultivos como el trigo que utiliza una lámina de 80 cm ($8,000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$); bajo estas condiciones de

baja disponibilidad y alta competencia por el agua, se requiere estrategias integrales para su manejo que mejore la productividad sin llegar a disminuir los rendimientos normales del cultivo (Wanjura y Upchurch, 2000).

La implantación de programas de uso eficiente de riego para el algodón, requiere certidumbre para el cálculo de los requerimientos de humedad por parcela (Doorenbos y Pruitt, 2000). La aplicación de riegos ha incrementado la producción algodonera, permitiendo que el cultivo se desarrolle en regiones áridas donde, de otra forma, sería imposible cultivarlo o tener rendimientos importantes. Finalmente, el riego por goteo, hace más fácil mantener el contenido de humedad edáfica dentro de límites más estrechos de disponibilidad causados por la salinidad (Gillham *et al.*, 2001).

Lo anterior implica ser más eficiente al momento de aplicar el agua, de ahí que el adoptar las nuevas tecnologías de producción como es el riego por goteo en algodonero como alternativa para optimizar el uso del agua de riego (Palomo y Godoy, 2001; Enríquez *et al.*, 2007). por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue el de evaluar un sistema de riego por gravedad con respecto a un sistema de riego por goteo, utilizando el UEA como medida de comparación de los dos métodos.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en el ciclo primavera verano del 2009, en el Campo Experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, en el Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California, México, localizado a 32° 24' 14" latitud norte y 115° 12' 02" longitud oeste, con una altura de 12 m sobre el nivel del mar.

El clima del lugar se clasifica como árido cálido, muy extremo, con una temperatura media anual de 22.9 °C, máxima de 48.5 °C y mínima durante invierno de -7.0 °C, con una precipitación media anual de 60 mm (García, 1988). El suelo donde se estableció el experimento es de textura arcillosa, conductividad eléctrica de 4.0 dS m⁻¹ y un pH de 8.0.

La siembra se realizó en surcos de 60.00 m de longitud y una separación de 1.00 m entre surcos para los sistemas de riego por goteo y riego superficial, la densidad de población fue de 10 plantas por metro lineal, utilizando la variedad DP 449 BGRR

El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones y la parcela útil fue de 20.00 m². Los tratamientos fueron: tratamiento 1: sistema de riego convencional (aplicado por gravedad) y tratamiento: 2 sistema de riego por goteo, utilizando cinta de riego. Para medir los volúmenes de agua se utilizó en ambos casos un totalizador volumétrico, las variables analizadas fueron rendimiento de algodón en hueso (Rend) y lamina de riego aplicada en cm (Lr).

Cosecha:

La cosecha se realizó el 13 de septiembre del 2009; el rendimiento de algodón en hueso en kg se determinó en base a lo recolectado en una superficie de 20.00 m² de la parte central de la parcela experimental.

Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando el PROC GLM (SAS Institute, 2008). La comparación de medias fue determinada con la prueba de Tukey (p≤0.05)..

El Índice de Eficiencia del uso del Agua (UEA) se expresó en kilogramos producidos de algodón en hueso por metro cubico de agua utilizada. kg m⁻³(palacios 1977).

Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados (Cuadro 1) no existió (P=.05) diferencia para la variable Rend, sin embargo para la variable Lr, si existió diferencia (P=.01) entre los dos sistemas de riego, del mismo modo existió diferencia (P=.01) en el UEA, Obteniéndose un UEA de 0.27 kg m⁻³, lo cual es aproximado con el promedio general del distrito para riego por gravedad y 0.59 kg m⁻³ en riego por goteo, esto indica que el sistema de riego por goteo fue 2.2 veces más eficiente que el riego superficial.

Cuadro 1. Rendimiento de algodón en hueso (Rend) en kg ha⁻¹, lámina de riego (Lr) en cm Volumen de agua (Vol) en m³ ha⁻¹ y Uso Eficiente del Agua de riego (UEA) en Kg m⁻³.

Tratamiento	Variables evaluadas			
	Rend	Lr	Vol	UEA
	Kg ha ⁻¹	cm	m ³ ha ⁻¹	kg m ⁻³
Riego gravedad	4010a	144.25a	14425a	0.27 a
Riego por goteo	4387 a	741.00b	7410b	0.59b

† Suscritos con la misma letra son iguales entre sí (Tukey .05).

Resultando una diferencia menor de 70.15 cm en la lámina en comparación con el riego por gravedad, obteniendo un ahorro del 48.63 % en el consumo de agua durante el ciclo vegetativo del cultivo. Se puede concluir que los sistemas de riego por goteo pueden contribuir a optimizar el uso del agua de riego, donde el productor gastaría 7410 m³ ha⁻¹ de un total asignado de 10108.8 m³ ha⁻¹, ahorrando 2698.8 m³ ha⁻¹ con lo que tendría un volumen de para utilizarlo en otro cultivo.

Literatura Citada

- CNA. 2007. Organismo de cuenca Península de Baja California. Gerencia de Aguas Superficiales, Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica. México, D.F. 18-20 p.
- Doorenbos, J. and W. O. Pruitt. 2000. Crop water requirements. FAO paper 24. Roma, Italia. 144-146 p.
- Enríquez Sánchez, M. Segura Castuita, M, Preciado Rangel, P. Orozco Vidal, J. Yescas Coronado, P. & Ávila Velázquez, C. (2007). Producción de algodón en doble y triple hilera con riego por goteo subsuperficial. *TERRA Latinoamericana*, 25, 155-161.
- Escoboza, L. F. 1983. Construcción y uso de una función de reserva de algodón en base a las variaciones de humedad del suelo. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 47-55 p.
- Fundación Produce, B.C. (2008). Agenda de innovación Tecnológica. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- García, E. 1964. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppenh para Adaptarlo a las Condiciones de la república Mexicana. Offset Larios, México, D.F.
- Gillham, F. E. M., T. M. Bell, T. ARIN, G. A. Matthews, C. Le Rumeur and B. Hear. 2001. Cotton production prospects for the next decade. World Bank Technical, Paper Number 287. The World Bank, Washington D.C. U. S. A., 277-278.
- Oeidrus-BC.2010. Reporte de avances agrícolas del Valle de Mexicali, noviembre http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/AvanceAgricola/REPORTES/2010/NOVIEMBRE/1.pdf
- Machain, L. M., F. D. Legaspi y J.M. Sánchez. 2000. Determinación del momento oportuno para desfoliar al algodonoero en el Valle de Mexicali, B.C. Reporte técnico del Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, 15-16 p.
- Palacios, V. E. 1977. Introducción a la Teoría de la Operación de Distritos y Sistemas de Riego. SARH. Escuela Nacional de Agricultura, Colegio de Postgraduados. Chapingo, México
- Palomo, A. S. y L. S. Godoy. 2001. Efecto del número de riegos en el rendimiento y calidad de la fibra de 16 genotipos de algodón. *Ciencia Agropecuaria FAUANL*, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. (7): 222-223.
- SAS Institute Inc. 2008. Ver. 9.1.3
- Wanjura, D. F. and D. R. Upchurch. 2000. Canopy temperature characterizations of corn and cotton water status. *Trans. of the ASAE* 43: 867-875.
- Aquí en el Valle. 2011 Órgano informativo del Distrito de Riego Rio Colorado S.de R. L. de I. P. de C. V., junio de 2001 No. 132.

MODELO PREDICTIVO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN RESERVORIOS DE CHIHUAHUA POR MEDIO DE TELEDETECCIÓN Y TURBIDEZ

Amado Álvarez, Jesús Pilar¹, Alatorre Cejudo Luis Carlos², Ramírez Valle Orlando¹
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRNOC-CESICH¹ E-mail:
amado.jesus@inifap.gob.mx; Universidad Autónoma de Ciudad Juárez² (UACJ). División
Multidisciplinaria de la UACJ en Cuauhtémoc. Calle Morelos y privada del Roble núm. 101
(Fraccionamiento El Roble), C.P. 31579, Cuauhtémoc, Chihuahua, México E-mail: luis.alatorre@uacj.mx.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue explorar una manera exacta y rápida de monitorizar la calidad del agua (turbiedad, NTU) en tres embalses de la región central de la Chihuahua, México. Se adquirieron dos escenas Landsat TM, correspondientes a la misma fecha en que se tomaron los datos de campo para la evaluación de la calidad del agua, primavera del 2011. La metodología empleada en esta investigación incluye: i) la calibración radiométrica y atmosférica del sensor Landsat TM; ii) y la construcción del modelo estadístico predictivo entre los valores de turbidez y la reflectancia registrada por cada una de las bandas del sensor Landsat TM. El estudio ilustra las ventajas de usar la teledetección documentando un peligro para el medio ambiente relativamente a corto plazo. Esta investigación también demuestra el valor de los datos de Landsat TM para el uso en el trazado de variaciones geográficas en área de los cuerpos de agua.

Palabras clave: *Turbidez, Landsat TM, reflectancia*

Abstract

The objective of this research was explore a precise and fast way of monitoring water quality (Turbidity, NTU) in the reservoirs of the central part of Chihuahua, México. It was acquired one scene of Landsat Thematic Mapper (TM) for the same date when the sampling water was collected, spring of 2011. The main methods used in this research, include radiometric calibration of TM remote sensor, atmospheric correction to image data, and a statistical model construction. The study illustrates the advantages of using remote sensing documenting a relatively short-term environmental hazard. This study also demonstrates the value of Landsat TM data for use in mapping geographic variations in water area.

Key words: *turbidity, Landsat TM, reflectance*

Introducción

Las metodologías tradicionales para determinar parámetros relativos a la calidad del agua han consistido en medidas in situ y de la toma de muestra de agua para su consiguiente análisis en laboratorio. Este tipo de metodologías pueden arrojar medidas exactas, pero en la mayoría de los casos requieren de muchos recursos económicos, de tiempo y de personal especializado. Una de las limitantes de estas metodologías clásicas es que no pueden proporcionar una visión en tiempo real de la distribución geoespacial de las variables que se están monitorizando, lo cual es muy importante para la evaluación global y para el control de la calidad del agua (Brivio *et al.*, 2001).

La teledetección puede proporcionar los medios adecuados para estimar algunos de los parámetros relacionados con la calidad del agua, que generalmente son determinados por mediciones tradicionales. Desde la década de 1980, con la mejora de los sensores satelitales (resolución espacial y espectral), las imágenes multiespectrales se han utilizado para vigilar las aguas continentales, mediante el uso de correlaciones entre la reflectancia medida por cada una de las bandas y las propiedades superficiales del agua, incluyendo: i) profundidad del disco Secchi; ii) concentraciones de clorofila; iii) total de sedimentos en suspensión, iv) temperatura; y, v) datos de calidad del agua analizadas en un laboratorio (Schiebe *et al.*, 1992; Dekker and Peters, 1993; Schneider and Mauser, 1996; Fraser, 1998; Giardano *et al.*, 2001; Kloiber *et al.*, 2000, 2002). El satélite Landsat-5 TM (Thematic Mapper) ha sido utilizado para adquirir información espectral sobre los cuerpos de agua. Se han empleado todas las bandas, desde banda 1 (TM1)

a la banda 7 (TM7). Las bandas TM1-4 cuyo rango espectral comprende el visible al infrarrojo cercano, donde gran parte la energía es absorbida, han demostrado su utilidad para determinar información sobre la calidad del agua (Giardano *et al.*, 2001; Kloiber *et al.*, 2000, 2002). Las bandas TM1-4 pueden registrar la reflectividad de algunos de los parámetros relativos a la calidad del agua, como el humos acuático, clorofila *a*, fitoplancton, materia orgánica disuelta, sólidos disueltos en suspensión. (Dekker *et al.*, 1992; Lathrop, 1992; Dekker and Peters, 1993; Lavery *et al.*, 1993; Pattiaratchi *et al.*, 1994; Cox *et al.*, 1998; Brivio *et al.*, 2001; Giardano *et al.*, 2001; Stadelmann *et al.*, 2001; Kloiber *et al.*, 2002). El objetivo del presente estudio fue el de desarrollar y probar un modelo estadístico predictivo para diagnosticar la calidad del agua en distintos reservorios del estado de Chihuahua, México usando la turbidez del agua y las imágenes del satélite Landsat TM.

Materiales y Métodos

El área de estudio (Figura 1) se localiza en la parte central de Chihuahua, México. Se seleccionaron tres reservorios: a) dentro de la cuenca Hidrológica del río San Pedro, (Presa las Vírgenes), en el Distrito 005 Delicias; b) En la cuenca hidrológica del río Conchos, (Lago Colina) y (Presa la Boquilla)

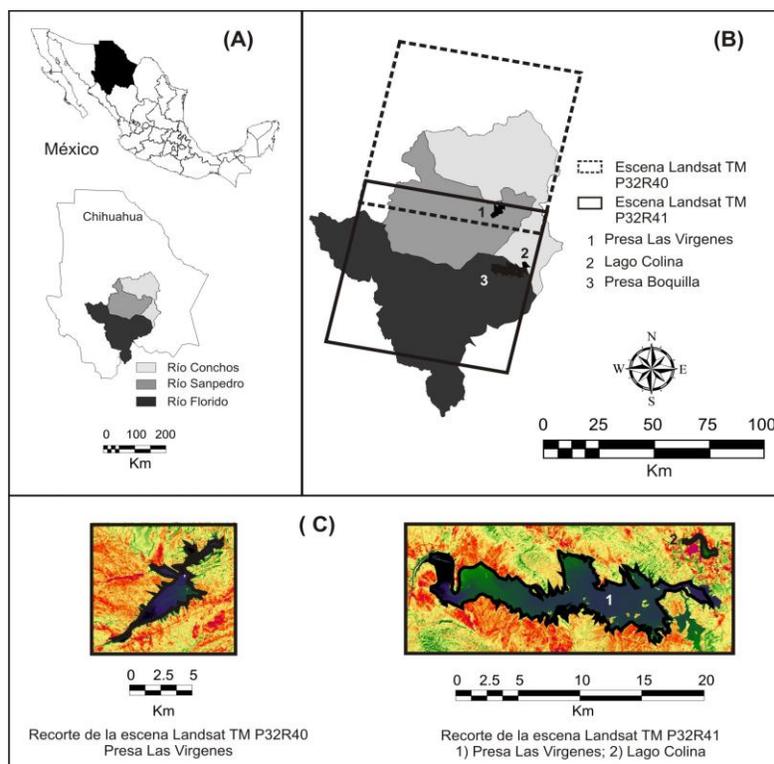


Figura 1. Área de estudio: A) Localización de las cuencas hidrográficas donde se localizan los embalses; B) Localización de las escenas Landsat TM P32R40 y P32R42, y ubicación de la Presa las Vírgenes, Lago Colina y Presa la Boquilla; y C) Extracción de las áreas de estudio en cada una de las Escenas Landsat TM.

Muestreo en los embalses

En un barco, con capacidad para 10 personas de 175 H.P., se recorrieron los tres embalses, uno cada día, en los puntos previamente determinados, los cuales fueron ubicados utilizando un GPS. En cada sitio se determinó la profundidad del embalse con la ecosonda del barco.

Metodología y parámetros considerados.

Se cuantificó la calidad del agua siguiendo a Smith (1990). El muestreo se hizo en marzo del 2011, en cada uno de los 37 puntos seleccionados se determinaron: a) Turbidez (NTU), utilizando un turbidímetro (Termo, AQ5000); b) pH, con un potenciómetro multifuncional (Hanna Instrument pH/CE/TSD/T meter);

c) Oxígeno Disuelto (% de saturación), con el aparato Hanna Instrument (HI 9146); d) Nitrógeno (NO_3), e) Fósforo total y f) sólidos totales disueltos, en el laboratorio, de acuerdo con la norma NOM-001-SEMARNAT-1996 (Secretaría de Economía, 1996). Para poder visualizar la distribución espacial que presenta la turbidez dentro de los cuerpos de agua se realizó una interpolación de los valores de turbidez (NTU) por el método *smoothing splines* en el software ArcGis 9.3.

Obtención y depuración de los datos de teledetección

En este trabajo se utilizaron dos escenas Landsat TM (resolución espacial de 30 m) correspondientes al 22 de marzo de 2011 (Figura 1). La corrección geométrica de las imágenes se realizó mediante puntos de control y el algoritmo desarrollado por Pala y Pons (1996) implementado en el software Miramon, en el que se tiene en cuenta la distorsión topográfica mediante la incorporación de un MDT. Finalmente, el efecto atmosférico sobre la señal electromagnética se corrigió mediante el modelo de transferencia radiativa 6S (Vermote *et al.*, 1997). Posteriormente se procedió a recortar el área que corresponde a cada una de las presas, Presa las Vírgenes, Lago Colina y Presa Boquilla.

Modelo predictivo

Para la determinación del modelo predictivo de la turbidez se utilizará como variable predictiva la reflectancia de las bandas TM1-5 y TM7, los cocientes entre bandas TM1/TM2, TM2/TM3, TM3/TM4, y el cociente entre las bandas del visible y el infrarrojo cercano, $(\text{TM1}+\text{TM2}+\text{TM3})/\text{TM4}$ (Bustamante *et al.*, 2009). Esta información corresponderá a los valores de reflectancia contenidos en un ventana de 3 x 3 píxeles para cada punto de muestreo, correspondiente a un área de 90 x 90 m, en cada una de las bandas del satélite Landsat TM. Para determinar las relaciones estadísticamente significativas entre los valores de turbidez registrados *in situ* y la reflectancia de las bandas de Landsat TM, se aplicó un modelo de regresión lineal para medir la magnitud de la relación y su significancia estadística. Para medir esto, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, pensado para variables cuantitativas (escala mínima de intervalo), es un índice que mide el grado de covariancia entre distintas variables relacionadas linealmente. Adviértase que decimos "variables relacionadas linealmente".

Resultados y Discusión

Valores de turbidez en cada uno de los embalses

Los valores de turbidez (NTU) registrados en cada uno de los embalses, la Presa las Vírgenes; (Media = 15 NTU) Lago Colina; (Desviación estándar = 1.73 NTU) y Presa la Boquilla, (Mínima = 6.46; Máxima = 27.10 NTU). El Lago Colina presenta los valores medios más altos de turbidez y espacialmente se observan que predominan los valores altos en todo el cuerpo de agua (Figura 2), con un ligero descenso hacia la presa, relacionados probablemente con su tamaño relativamente más pequeño. En cambio, en los grandes embalses, Presa las Vírgenes y Boquilla, se presentan valores medios más bajos, 15.00 (± 4.01) y 12.10 (± 5.97), respectivamente. La distribución espacial de los valores de turbidez en la Presa las Vírgenes, muestra una progradación negativa desde la desembocadura del Río San Pedro a la presa, con valores que van desde 34.27 a 9.24 NTU, respectivamente. La Presa Boquilla al igual que la Presa las Vírgenes presenta una distribución similar, aunque existen zonas próximas a la presa donde los valores de turbidez son elevados, principalmente áreas próximas a las laderas norte y sur de la embalse.

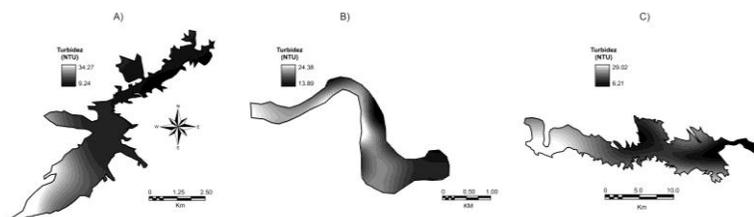


Figura 2. Interpolación geoespacial de los valores de turbidez (NTU) en los tres embalses, por método de *smoothing splines* : A) Presa las Vírgenes; B) Lago Colina C) Presa Boquilla.

Modelo predictivo

Se evaluó la correlación lineal de Pearson, para establecer el grado de correlación entre los valores de turbidez y reflectancia para cada una de las bandas TM1-5 y TM7, los cocientes entre bandas TM1/TM2, TM2/TM3, TM3/TM4, y el cociente entre las bandas del visible y el infrarrojo cercano, (TM1+TM2+TM3)/TM4. Los resultados demuestran que el cociente entre las bandas TM2/TM3 muestra el valor más alto del coeficiente de Pearson (-0.795; $p < 0.005$). Este resultado es estadísticamente significativo, puesto que un valor cercano a 1 ó -1; el signo en este caso indica que es una relación negativa con la turbidez, es decir, la banda TM3 es la que registra más eficientemente los valores más elevados de turbidez en el cuerpo del agua.

El modelo predictivo para determinar la turbidez por medio del cociente entre las bandas B2/B3 muestra un buen ajuste ($R^2 = 0.698$; Figura 3). Para contrastar esto determinamos la capacidad de ajuste los modelos determinados con las bandas TM2, TM3 y TM4, las cuales también tenían buena correlación (Pearson; 0.699, 0.688, 0.677, respectivamente) y buena significancia estadística, Sig. (bilateral) < 0.01 . Los resultados mostraron que los valores de R^2 para estos modelos predictivos utilizando las bandas TM2, TM3 y TM4, fueron de 0.49, 0.54 y 0.51, respectivamente. El resultado de la aplicación de este modelo se observa en la Figura 4.

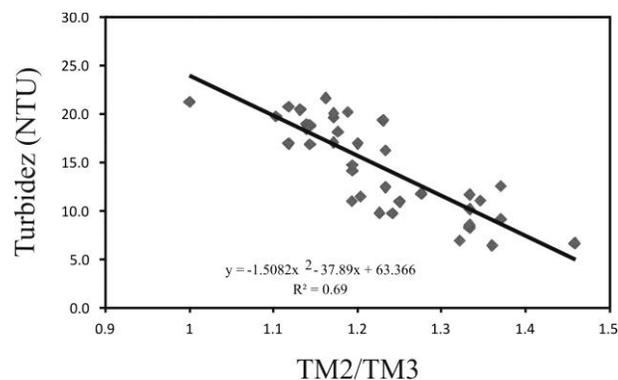


Figura 3. Modelo predictivo elegido para determinar la turbidez por medio del cociente entre las bandas B2/B3.

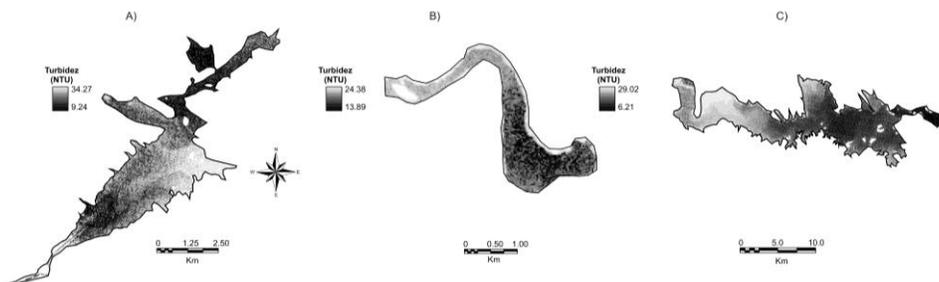


Figura 4. Turbidez (NTU) del agua en los tres embalses derivada de aplicar el modelo predictivo al cociente entre las bandas TM2/TM3: A) Presa las Vírgenes; B) Lago Colina C) Presa Boquilla.

Conclusiones

Mientras existan embalses que proporcionan almacenamiento de agua para el desarrollo de las regiones, y la necesidad de preservar la calidad del agua para el hábitat de peces y vida silvestre, así como para la recreación humana, la obtención de datos relativos a la calidad del agua derivados de imágenes de satélite, puede ayudar a conducir a una mayor comprensión de estos ambientes fluviales, limnológicos, así como, la prolongación de la vida útil de los embalses. Esta investigación deja patente la utilidad de las imágenes Landsat TM para la monitorización espacial de parámetros relativos a la calidad del agua en los principales embalses localizados las cuencas hidrográficas del río San Pedro y Conchos.

Literatura Citada

- Brivio, P., A. Giardino C and E. Zilioli. 2001. Validation of satellite data for quality assurance in lake monitoring applications. *Sci Total Environ.* 268: 3–13.
- Bustamante, J., F. Pacios, R. Díaz-D., R. Aragonés D. 2009. Predictive models of turbidity and water depth in the Doñana marshes using Landsat TM and ETM images. *Journal of Environmental Management*; 90: 2219–2225.
- Cox, R., M. Forsythe R., D. Vaughan G. E. and LL. Olmsted. 1998. Assessing water quality in the Catawba River reservoirs using Landsat Thematic Mapper satellite data. *Lake Reservoir Manage*; 14: 405–416.
- Dekker, A.G., T.J. Malthus, M. Wijnen M., and E. Seyhan. 1992. The effect of spectral bandwidth and positioning on the spectral signature analysis of inland waters. *Remote Sens Environ*; 41: 211–225.
- Dekker, A.G, and S. W. Peters M. 1993. The use of the thematic mapper for the analysis of eutrophic lakes: a case study in the Netherlands. *Int J Remote Sens*; 14: 788–821.
- Fraser, R.S. 1998. Multispectral remote sensing of turbidity among Nebraska Sand Hills lakes. *Int J Remote Sens*; 19: 3011–3016.
- Giardino, C., M. Pepe, P.A. Brivio, P. Ghezzi, and E. Zilioli. 2001. Detecting chlorophyll, secchi disk depth and surface temperature in a sub-alpine lake using Landsat imagery. *Sci Total Environ*; 268: 19–29.
- Hastie, T and J. Tishirani. 1990. *Generalized Additive Models*. Chapman & Hall, London.
- Kloiber, S., M. T. Anderle H, P. Brezonik L, L. Olmanson G, M. Bauer E, and D. Brown A. 2000. Trophic state assessment of lakes in the Twin Cities (Minnesota, USA) region by satellite imagery. *Arch Hydrobiol Adv Limnol*; 55: 137–151.
- Kloiber, S M, P. Brezonik L, L. Olmanson G. 2002. A procedure for regional lake water clarity assessment using Landsat multispectral data. *Remote Sens Environ*; 82: 38–47.
- Lathrop, R.G. 1992. Landsat thematic mapper monitoring of turbid inland water quality. *Photogramm Eng Remote Sens*; 58: 465–470.
- Lavery, P., C. Pattiaratchi, A. Wyllie, P. Hick. 1993. Water quality monitoring in estuarine waters using the Landsat Thematic Mapper. *Remote Sens Environ*; 3: 268–280.
- Pala, V., and X. Pons. 1996. Incorporation of relief in polynomial-based geometric corrections. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*; 61(7): 935–944.
- Pattiaratchi, C., P. Lavery, A. Wyllie, P. Hick. 1994. Estimates of water quality in coastal waters using multi-date Landsat Thematic Mapper data. *Int J Remote Sens*; 15: 1571–1584.
- Schiebe, F., R. Harrington J.A, and J. Ritchie C. 1992. Remote sensing of suspended sediments: the Lake Chicot, Arkansas project. *Int J Remote Sens*; 13: 1487–1509.
- Schneider, K, and Mauser W. 1996. Processing and accuracy of Landsat thematic mapper for lake surface temperature measurement. *Int J Remote Sens*; 11: 2027–2041.
- Stadelmann, T.H, P. Brezonik L, and S. Kloiber S. 2001. Seasonal patterns of chlorophyll-a and Secchi disk transparency in lakes of east-central Minnesota: implications for design of ground and satellite-based monitoring programs. *Lake Reservoir Manage*; 17: 299–314.
- Vermote, E. F., D. Tanré, J. Deuzé L, M. Herman, J. Morcrette J. 1997. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6s: an overview. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*; 35(3): 675–686.

EFFECTO DE LA TENSION DE HUMEDAD DEL AGUA EN EL SUELO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

Alamilla-Magaña Juan Carlos¹, Carrillo-Ávila Eugenio¹, Aceves-Navarro Everardo², Obrador-Olan José Jesús³, Palacios-Vélez Oscar Luis⁴.

¹Colegio de Postgraduados Campus Campeche, e-mail: alamilla@colpos.mx; ²Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Campeche.; ³Colegio de Postgraduados Campus Tabasco; ⁴Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

Resumen

La caña de azúcar es uno de los principales cultivos en Campeche, con una superficie cultivada de 8 359 ha (SAGARPA, 2007), pero con el rendimiento más bajo del país. Se estableció una parcela con la variedad Mex 69 290 en el campo experimental del Colegio de Postgraduados Campus Campeche, para evaluar el efecto de la tensión de humedad en el suelo sobre el rendimiento de la caña. Se evaluaron tres tensiones, medidas a 30 cm de profundidad en el suelo con tensiómetros de manómetro, para definir el inicio de los riegos: -15, -45 y -75 kPa, consideradas como tratamientos (T1, T2 y T3 respectivamente), en un diseño de bloques al azar; se incluyó un tratamiento testigo sin riego (T4). La altura y el diámetro del tallo fueron significativamente mayores ($p = 0.05$) en T1 que en el testigo (50.8 cm y 21.9 mm mayores, respectivamente). Los rendimientos de campo y de azúcar fueron significativamente mayores en T1 (134.7 y 19.9 t ha⁻¹, respectivamente) respecto del testigo, el primero más de tres veces mayor que el promedio regional. En T3 se obtuvieron 17.0° grados brix y 15.5% de sacarosa en el jugo, siendo los valores más altos, aunque estadísticamente iguales a los obtenidos en T1 (15.4° y 14.7%), T2 (15.3° y 14.6%) y testigo (16.9° y 15.4%). Se concluye que cuando se inicia el riego al cultivo de caña de azúcar a una tensión de humedad de -15 kPa, se obtienen rendimientos de campo y de azúcar significativamente mayores.

Palabras clave: Riego, Variedad Mex 69 290, Grados brix, Contenido de sacarosa.

Summary

Sugar cane is one of the major crops that are established in Campeche, with a cultivated area of 8 359 ha (SAGARPA, 2007), but the average yield is the lowest in Mexico. An experimental plot was established with the Mex 69 290 variety, in the experimental field of the Colegio de Postgraduados Campus Campeche, in order to evaluate the effect of soil moisture tension on the yield of sugarcane. Three different soil moisture tensions, measured with tensiometers at 30 cm depth in the soil profile were evaluated, being used to define the beginning of irrigation: -15, -45 and -75 kPa, considered as treatments (T1, T2 and T3 respectively), in a experimental design of randomized blocks, and including a control treatment without irrigation (T4). Height and stem diameter were significantly higher ($p = 0.05$) in T1 than in the control (50.8 cm and 21.9 mm higher respectively). The field and sugar yield were significantly higher in T1 (134.7 and 19.9 t ha⁻¹, respectively) than in the control treatment; the first was more than three times the regional average field yield. In T3, 17.0° degrees brix, and 15.5% sucrose in juice were obtained, being the higher values, although statistically equal to those in T1 (15.4° and 14.7%), T2 (15.3° and 14.6%) and control (16.9° and 15.4%). It was concluded that when the irrigation water is applied to sugar cane crop when the soil moisture tension attains -15 kPa, significantly higher field yield and sugar yield are obtained.

Index words: Irrigation, Mex 69 290 variety, Brix degrees, Sucrose content.

Introducción

La caña de azúcar es uno de los principales cultivos que se establecen en el estado de Campeche. La superficie cultivada en el estado ascendió en el año 2006 a 8 359 ha, obteniéndose una producción de 389 706 toneladas de caña, cuyo valor ascendió a más de 157 millones de pesos (SAGARPA, 2007). No obstante, el rendimiento promedio obtenido en el cultivo es el más bajo en el país, de apenas 47.9 t ha⁻¹ de caña (SIAP, 2008), debido a varios factores, entre los que se encuentran principalmente la falta de

renovación de plantaciones, la poca superficie irrigada, el uso de variedades susceptibles a enfermedades, en claro decaimiento productivo, y el poco uso de fertilizantes, entre otros.

Una alternativa para mejorar el manejo agrícola del agua consiste en medir la tensión de humedad del agua en el suelo, y usarla como indicador del momento más adecuado para regar el cultivo, como ha sido ya explorado en diferentes cultivos por varios autores (Wang et al., 2007; Rivera-Hernández et al., 2010). Se sugiere usar la tensión de humedad del agua en el suelo como indicador del momento del riego, en lugar del contenido de humedad, debido a que el agua se mueve hacia la raíz obedeciendo a diferencias de potencial total del agua en el suelo y no a diferencias de humedad.

El trabajo tuvo como objetivo el evaluar el efecto de la tensión de humedad del agua en el suelo al momento del riego sobre las características agroindustriales de la caña de azúcar, bajo la hipótesis de que el rendimiento del cultivo de caña de azúcar responde a la aplicación de diferentes niveles de tensión de humedad del agua en el suelo al momento de iniciar el riego.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en el campo experimental del Campus Campeche del Colegio de Postgraduados, con coordenadas: 19°29'55" de latitud norte y 90°32'45" de longitud oeste, a 16 msnm. La siembra fue realizada el 24 de junio de 2005. Se empleó la variedad Mex 69-290 con características productivas sobresalientes, siendo la más usada en el sureste del país.

Diseño Experimental y Arreglo Topológico del Experimento. El efecto del riego fue evaluado con base en diferentes valores de la tensión de humedad del agua en el suelo al momento del riego, de manera similar a los trabajos de Wang et al. (2007) y Rivera-Hernández et al. (2010). Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos a probar correspondieron a diferentes valores de la tensión de humedad en el suelo al momento del riego, probándose los valores de -15, -45 y -75 kPa de tensión de humedad durante la etapa de crecimiento del cultivo (T1, T2 y T3, respectivamente). Se incluyó un testigo al que no se aplicó riego (T4). Los tratamientos se asignaron al azar a las unidades experimentales dentro de cada bloque.

Seguimiento de los Tratamientos. Se utilizó un sistema de riego por goteo con cintilla, cuyo funcionamiento fue controlado por una sola válvula al inicio de cada surco. Los tratamientos de riego se aplicaron desde la siembra y hasta el décimo mes de desarrollo del cultivo, para eliminar posteriormente la aplicación de agua, con la finalidad de favorecer la acumulación de sacarosa. Para determinar el momento del riego en cada tratamiento se utilizaron tensiómetros de manómetro cuya cápsula porosa de instaló a 30 cm de profundidad. Los tratamientos consistieron de la aplicación diferenciada de agua de riego dependiendo de la tensión de humedad: en el tratamiento T1 el riego se aplicó cuando el manómetro del tensiómetro instalado indicó una lectura que correspondió a -15 kPa, procediéndose de manera similar en los demás casos. Consecuentemente, en el tratamiento T1 los riegos fueron más frecuentes y el suelo permaneció más húmedo.

Evaluación de Variables Fenológicas. Se registraron las variables: Altura (AT) y diámetro del tallo (DT) y número de tallos molederos por cepa (TMC), en cinco plantas elegidas al azar dentro del área útil de la unidad experimental para cada repetición de cada tratamiento. A partir del séptimo mes de desarrollo de la caña y hasta la cosecha del experimento se registraron las variables: Porcentaje de sacarosa (Sac, %), grados brix (Brix, %), contenido de fibra (F, %), contenido de azúcares reductores (AR, %), contenido de humedad (H, %) y pureza del jugo (P, %). Para su determinación se realizaron muestreos de tallos en todas las repeticiones. Las determinaciones fueron hechas en el laboratorio de campo del ingenio La Joya.

Estimación de los rendimientos de campo y de azúcar. La cosecha del experimento se realizó 13 meses después de la siembra. Para evaluar el rendimiento de caña, en cada unidad experimental se cortó la caña del área útil, que fue pesada en una balanza. Con base en los resultados del rendimiento de caña, y considerando los porcentajes promedio de sacarosa en las muestras de caña de cada unidad experimental, se estimó el rendimiento de azúcar, multiplicando el rendimiento de campo por el porcentaje de sacarosa.

Análisis Estadístico de Resultados. Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables de crecimiento y de rendimiento evaluadas. En los casos en los que se encontró un efecto estadísticamente

significativo de los tratamientos, se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Resultados y Discusión

Evolución Temporal de la Tensión de Humedad. La Figura 1 ilustra el comportamiento temporal de la tensión de humedad medida en el bloque 1 en abril de 2006. Los valores de la tensión aumentan al secarse el suelo. Se muestra como fueron usados como indicadores del momento del riego: en T1 los riegos se aplicaron cuando la tensión llegó a -15 kPa, en T2 cuando alcanzó -45 kPa y en T3 a una tensión de -75 kPa. Aunque se trató de tener cuidado en la aplicación de los riegos, en algunas ocasiones la lectura en los manómetros aumentó mucho de un día al siguiente rebasando el valor definido para la aplicación del riego. Una vez que el riego fue aplicado, la tensión de humedad disminuye y se acerca a cero, como respuesta a la aplicación de agua.

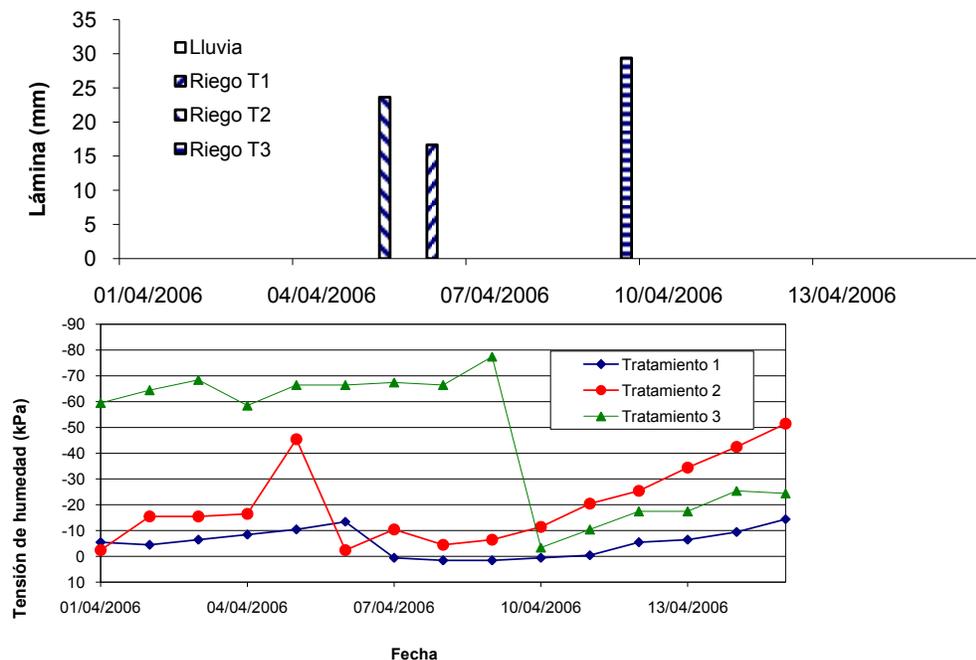


Figura 1.- Lámina de riego y lluvia (arriba) y evolución temporal de la tensión de humedad, usada para definir el momento de los riegos (abajo). Período del 1 al 15 de abril de 2006. Bloque 1.

Resultados del Análisis Estadístico

Variables fenológicas. Se encontraron efectos altamente significativos de los tratamientos de riego sobre las variables de crecimiento evaluadas. En las tres variables los valores observados en los tres tratamientos que recibieron agua de riego resultaron estadísticamente iguales, pero diferentes del valor registrado en el tratamiento testigo (Tukey; $P \leq 0.05$): el orden de mayor a menor AT y DT fueron directamente proporcionales a la humedad del suelo; en cambio TMC fue mayor en T3. Las plantas en el tratamiento testigo fueron en promedio casi medio metro más pequeñas y más de 4 mm más delgadas que las correspondientes al tratamiento uno, en el que se aplicaron más riegos.

Variables industriales. Únicamente en P se encontraron efectos significativos. El mayor valor, superior al 95% se observó en el tratamiento testigo, y el menor en T3, cercano del 90%, por lo que las diferencias no se pueden atribuir a la aplicación de riego. Para el resto de variables industriales no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Se esperaba encontrar diferencias en las variables que están

relacionadas con la aplicación de agua de riego (Brix, Sac y H), pero ello no ocurrió. Las mayores concentraciones de Sac y Brix en el jugo se registraron en el tratamiento testigo, con menor humedad en el suelo (15.46% y 16.97°, respectivamente) y las menores en T2 (13.95% y 13.62°, respectivamente).

Rendimiento de campo. Se encontraron efectos altamente significativos de los tratamientos. En el Cuadro 1 se muestra la comparación múltiple de medias. El rendimiento promedio obtenido en T1 y T2 fue muy similar (estadísticamente iguales), de alrededor de 130 toneladas de caña por hectárea; los rendimientos de T2 y T3 también resultaron iguales estadísticamente, y el encontrado en el testigo fue significativamente menor. En la Figura 2 se muestra la comparación entre el rendimiento promedio obtenido en los tratamientos evaluados, incluyendo el testigo, con el rendimiento promedio en Campeche y con el promedio nacional de la zafra 2005-2006 (SIAP, 2008). Se incluye la diferencia mínima significativa entre tratamientos, aunque es válida solamente para los tratamientos evaluados en el presente trabajo. Se desprende que únicamente aplicando agua de riego puede esperarse que el rendimiento de campo en Campeche alcance y supere al promedio nacional, lo que es razonable si se considera que la precipitación promedio anual oscila alrededor de 1 100 mm anuales, y que la evapotranspiración del cultivo en la zona, estimada con el método de Blanney y Criddle asciende a 1 675 mm por año, por lo que se tiene un déficit promedio anual de agua de alrededor de 575 mm.

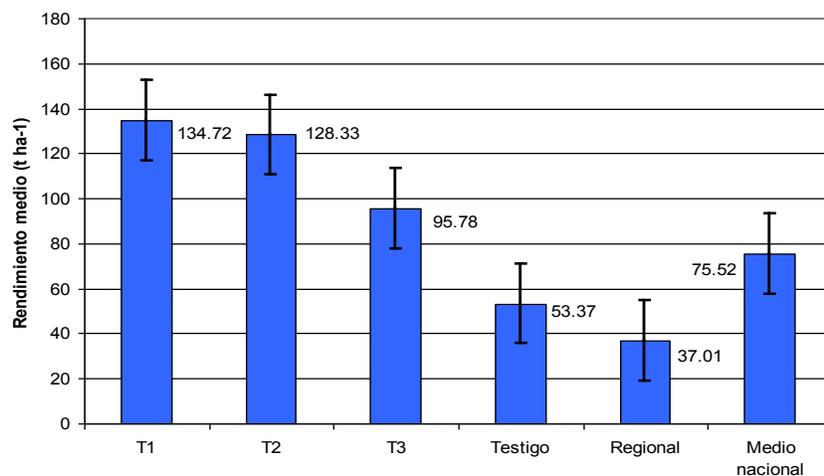


Figura 2.- Rendimientos de caña promedio en los tratamientos de riego evaluados, medio regional y medio nacional en 2006 (SIAP, 2008). Se incluye el valor de la diferencia mínima significativa entre tratamientos.

El rendimiento promedio observado en el tratamiento T1 fue superior en un 264% respecto del medio regional y en un 78% respecto del promedio nacional de 2006, lo que fue posible gracias al uso de agua de riego y con el uso de una variedad (Mex 69 290) que no ha iniciado aún su etapa de decaimiento productivo.

Rendimiento de azúcar. Similarmente, se detectaron efectos altamente significativos del riego sobre el rendimiento de azúcar. En el Cuadro 1 se incluye la comparación múltiple de medias para la variable. Los valores observados en los tratamientos bajo riego resultaron estadísticamente iguales, pero superiores al observado en el tratamiento testigo. Dado que en la variable concentración de sacarosa en el jugo no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, las diferencias estadísticas encontradas en el rendimiento de azúcar pueden atribuirse a las diferencias en el rendimiento de campo, lo que coincide con lo señalado por Jackson (2005), quien indica que en el sector cañero se ha aumentado el rendimiento de azúcar con base fundamentalmente en la mejora del rendimiento de caña. El rendimiento de azúcar medio en el estado de Campeche fue de 5 t ha⁻¹ y el rendimiento medio nacional fue de alrededor de las 10.5 t ha⁻¹ en la zafra 2006-2007 (CNIAA, 2008), valores que fueron superados por todos

los tratamientos exceptuando al testigo. Nuevamente, los resultados muestran que la aplicación controlada en cantidad y tiempo de agua de riego permite obtener rendimientos de azúcar que superan ampliamente a los rendimientos promedio regional y nacional, y es una alternativa factible para coadyuvar a reducir el impacto de la globalización del comercio internacional de azúcar y edulcorantes.

Cuadro 1.- Comparación múltiple de medias de los rendimientos de campo y de azúcar.

Tratamiento	RC		RA	
	t ha ⁻¹		t ha ⁻¹	
T1	134.72	a [†]	19.98	a
T2	128.34	ab	18.85	a
T3	95.78	b	14.94	a
Testigo	53.37	c	8.24	b
	DMS = 35.69 t ha ⁻¹ ; CV = 15.69%		DMS = 6.43 t ha ⁻¹ ; CV = 18.81%	

[†]Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). RC = Rendimiento de Campo, RA = Rendimiento de azúcar.

Conclusiones

La aplicación de agua de riego por goteo permitió tener un crecimiento vegetativo significativamente mayor, pero no afectó significativamente la concentración de sacarosa en la caña, por lo que el riego puede ser aplicado de la manera realizada en este estudio sin implicar una merma significativa en el rendimiento de azúcar del ingenio. Por el contrario, dado que el riego aumentó significativamente el rendimiento de campo, aumentó también el rendimiento de azúcar por hectárea.

La aplicación controlada en cantidad y tiempo de agua de riego, de la forma realizada en el trabajo, permite obtener rendimientos de caña y azúcar que superan amplia y significativamente a los rendimientos promedio regional y nacional, y es una alternativa factible para coadyuvar a reducir el impacto de la globalización del comercio internacional de azúcar y edulcorantes.

Literatura citada

- CNIAA (Cámara Nacional de las Industrias Alcoholera y Azucarera). 2008. Informes de producción de la zafra 2007 – 2008. México. <http://www.camaraazucarera.org.mx> (consultada abril 18 de 2011).
- Jackson, P. A. 2005. Breeding for improved sugar content in sugarcane. *Fields Crops Research* 92: 277-290.
- Rivera-Hernández, B., E. Carrillo-Ávila, J.J. Obrador-Olán, J.F. Juárez-López, and L.A. Aceves-Navarro. 2010. Morphological quality of sweet corn (*Zea mays* L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campeche, Mexico. *Agricultural Water Management* 97 (9): 1365–1374.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2007. Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar. www.SAGARPA.gob.mx. (consultada 31 de agosto de 2009).
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2008. Anuario de Estadística Básica Agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. <http://www.siap.gob.mx>. (consultada 12 de febrero de 2008).
- Wang, D., Y. Kang y S. Wan. 2007a. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management* 87: 180-186.

EFICIENCIA DEL RIEGO POR MICROASPERSIÓN Y DEL USO DEL AGUA EN CÍTRICOS CULTIVADOS EN LEPTOSOLES DEL SUR DE YUCATÁN

Tun Dzul José de la Cruz¹, Ramírez Jaramillo Genovevo¹, Cano González Alejandro de Jesús², Lomas Barrié Caludia Tania¹, Sánchez Cohen Ignacio³

¹C.E. Mocoehá. CIR Sureste. INIFAP. tun.jose@inifap.gob.mx. , ²C.E. Edzná. CIR Sureste. INIFAP. ³CENID RASPA. INIFAP.

Resumen

Yucatán cuenta con una fuente de agua subterránea con pocas restricciones para su uso, y recarga anual de 25,316 millones de m³. La superficie irrigada en Yucatán es de 51,153 ha, de las cuales 9,689 conforman el Distrito de Riego No. 48 de Ticul, en cuya área se encuentran instalados diferentes sistemas de riego, entre los que predomina el de microaspersión, pero cuya eficiencia es baja. El objetivo fue evaluar la eficiencia de conducción y distribución de los sistemas de riego por microaspersión y la eficiencia de uso del agua en huertos cítricos del sur del estado. El Distrito de Riego 048 tiene 179 unidades de riego, de las cuales se seleccionaron 28 en las cuales se hicieron las evaluaciones. La eficiencia de conducción se determinó considerando el gasto de la bomba y el de los emisores, mientras que el coeficiente de uniformidad se determinó mediante la metodología de Merriam y Keller (1978); con esos datos se estimó la eficiencia de uso del agua de riego. Los resultados indican que la eficiencia de conducción en los sistemas evaluados varía entre 35% y 75%, pero en la mayoría de los casos es menor al 50%, lo que indica que más del 50% del agua extraída del acuífero se pierde en la distribución a pesar de que se utilizan tuberías. El CU varía desde 55% hasta 89%, por lo que se concluye que los sistemas de riego no funcionan correctamente. La eficiencia de uso del agua en promedio es del 46.5%.

Palabras clave: *Uso eficiente, Coeficiente de uniformidad, Naranja dulce.*

Abstract

Yucatan has a source of subterranean water which is used without restrictions. Aquifer annual recharge is 25,316 million of m³. Irrigated surface in Yucatan, Mexico is 51,153 ha, many of them, 9,689 ha, are integrated in Irrigation District 048, in which area there are several irrigation systems, but microsprinkler is the main irrigation system, although its efficiency is low. A study was carried out in order to determine conduction and distribution efficiency of microsprinkler irrigation systems and water use efficiency in citrus plantations of south of Yucatan. Irrigation District 048 has 179 irrigation Units, 28 of them was selected to evaluate. Conduction efficiency was determined with pump and emitter flow data collected, whereas Uniformity Coefficient was obtained with Merriam and Keller (1978) procedure. Water use efficiency was estimated with both values. Results indicate that conduction efficiency has variations since 35% to 75%, with a mean lowest than 50% indicating that more than 50% of the water extracted of aquifer is lost through distribution net. CU values had variations between 55% and 89%, indicating an inadequate work of microsprinkler irrigation systems. Water use efficiency average is of 46.5%, which indicate that the extent of water waste is 53.5%.

Key Words: *Efficient use, Uniformity coefficient, Orange.*

Introducción

La superficie que se cultiva bajo riego en Yucatán es de 51,153 ha; la mayor parte (25,414 ha) se localiza en el DDR 179, de las cuales 9,689 ha (39%) conforman el Distrito de Riego 048 de Ticul (SIAP, 2011). Sólo se cultiva el 85% de la superficie con infraestructura hidráulica instalada, y la eficiencia media del riego es del 46% (CONAGUA, 2008), la cual se puede incrementar mediante el manejo adecuado de los sistemas de riego. Los cultivos dominantes son los cítricos y el cultivo principal es la naranja dulce, y para el riego se emplean, preferentemente, sistemas de riego por microaspersión, cuya eficiencia es menor al 60%, a pesar de que estos sistemas deben tener eficiencias mayores al 80%.

La ineficiencia del manejo del riego da como resultado la producción ineficiente de los cultivos irrigados, principalmente cítricos, cuyos indicadores más evidentes son los bajos rendimientos y la mala calidad de los productos obtenidos; además, propicia el desperdicio del vital líquido e incrementa proporcionalmente el riesgo de contaminación del acuífero, así como los costos de la extracción del agua y de la aplicación del riego, propiciando una baja rentabilidad de los sistemas de producción. En los últimos años, se ha desarrollado un programa de modernización de los sistemas de riego en el Distrito 048 de Ticul, mediante la instalación de sistemas de riego por microaspersión, con la finalidad de incrementar la eficiencia de uso del agua de riego en la zona; sin embargo, los resultados que se tienen a la fecha no son del todo satisfactorios.

La tecnificación del riego no implica que se alcancen altas eficiencias por sí misma, ya que para ello es indispensable que los sistemas de riego se operen adecuadamente bajo las premisas de su diseño. Por lo tanto, la evaluación de los sistemas de riego debe ser un procedimiento rutinario con la finalidad de detectar fallas de manera oportuna para su solución. (Román *et al.*, 2005). Una vez que se instala un sistema de riego, se deben evaluar las características hidráulicas conforme al diseño, como la presión de operación, que contemple las pérdidas de carga hidráulica permisibles no mayores a un 20%, que corresponden a un decremento de caudales en la emisión del 10%, y que ambos valores porcentuales permitan que el sistema hidráulico proporcione una uniformidad de aplicación del agua del 90% de las unidades de riego (Merriam y Keller, 1978). Esto es válido para todo sistema de riego presurizado (goteo, microaspersión, o aspersión en todas sus variantes).

Los sistemas de riego a presión se deben diseñar de tal manera que la diferencia de volúmenes o láminas de riego en dos puntos extremos en una línea de aplicación no sea mayor al 10%, y para que la diferencia de presiones no sea mayor al 20%; con esto se garantiza que el agua suministrada tenga al menos un 90% de uniformidad de distribución (Román *et al.*, 2005). El coeficiente de uniformidad es un valor que indica el porcentaje de variación en la lámina o volumen de agua aplicado a la superficie del suelo de una unidad o sección de riego. En los sistemas de riego por microaspersión, este coeficiente se obtiene mediante el aforo de 16 emisores (microaspersores) igualmente espaciados en una unidad o sección de riego (Keller y Karmelli, 1975; Burt y Styles, 1994), y es de gran utilidad tanto para el diseño como para la evaluación de los sistemas de riego presurizados (Merriam y Keller, 1978), pues con ello se asegura el suministro uniforme de las láminas de riego que se debe aplicar a cada una de las plantas.

La evaluación de los sistemas de riego es una actividad que se debe realizar primeramente al momento de la entrega de la obra a los usuarios y posteriormente, con cierta periodicidad, para detectar y corregir fugas de agua que reducen la eficiencia de uso del agua de riego, de tal manera que el funcionamiento esté acorde al diseño para que los cultivos puedan recibir el suministro adecuado de agua para su desarrollo y producción óptimos.

Considerando que en el Distrito de Riego no se han realizado las evaluaciones de los sistemas de riego y que se ha estimado que la eficiencia de uso del agua de riego es menor al 60%, lo cual provoca bajos rendimientos de fruto de mala calidad e incluso que las plantas mueran por déficit hídrico (CONAGUA, 2008), el objetivo del presente trabajo fue evaluar la eficiencia de conducción y distribución de los sistemas de riego por microaspersión y estimar la eficiencia de uso del agua en huertos cítricos del sur del estado.

Materiales y Métodos

La evaluación hidráulica se realizó en unidades cultivadas con cítricos y sistemas de riego por microaspersión, debido a que son el cultivo y el sistema predominantes; además, la microaspersión se encuentra en proceso de sustituir al riego por aspersión y por gravedad, para aumentar la eficiencia del riego en el Distrito de Riego 048 de Ticul. La selección de las unidades de riego evaluadas se hizo con base a la conformación del Distrito de Riego, el cual se divide en ocho Módulos de Riego y éstos a su vez en un total de 179 Unidades de Riego. Se evaluaron 30 Unidades de Riego, con una superficie total evaluada de 2,094 ha, que representa el 22% de la superficie del Distrito, e incluyó a 1,096 usuarios de riego de un total de 5,399, es decir el 20.3%.

Las evaluaciones incluyeron visitas a las unidades de riego para verificar las condiciones de los cabezales de riego, las líneas de distribución y el estado de las parcelas (cultivos y sistemas de riego).

Posteriormente, se realizó la evaluación hidráulica de los sistemas de riego, y la determinación del coeficiente de uniformidad de los sistemas de riego por microaspersión. Se realizaron mediciones del caudal de las bombas de agua en cada unidad así como de los aspersores en diferentes puntos de cada una de las secciones de riego que la conforman. Con base en los datos de los gastos actuales de las bombas y los datos de gasto de los microaspersores obtenidos en las evaluaciones por unidad de superficie, se calculó la eficiencia de conducción de los sistemas de riego.

La uniformidad de riego de una unidad se determinó en una sección de riego de cada unidad, buscando la que se encontraba en las condiciones más representativas, lo cual se hizo con base a un recorrido de toda la unidad y de muestreos tomados al azar. Se tomaron cuatro líneas secundarias, las últimas líneas en cada uno de los extremos y dos intermedias equidistantes de las primeras. En cada línea de riego secundaria se escogieron cuatro plantas: la primera, la ubicada 1/3 del origen, a 2/3 del origen y la última; es decir, se tuvieron 16 puntos de medición (Merriam y Keller, 1978). El coeficiente de uniformidad debe ser lo más cercano posible a 100% y no inferior al 90%, para poder concluir de que el sistema de riego funciona eficientemente. La eficiencia de uso el agua de riego se estimó con base en los resultados obtenidos en ambas evaluaciones.

Resultados y Discusión

Los recorridos realizados en las unidades de riego, nos permitieron constatar que la mayoría de los equipos de bombeo son viejos (más de 20 años) y reciben poco mantenimiento, ya que los operadores únicamente vigilan que no les falte aceite durante la operación y de que el voltaje sea el adecuado para su funcionamiento; algunos de ellos presentan fugas de agua. Las líneas de conducción y distribución de los sistemas de riego presentan muchas fugas de agua, las cuales pocas veces se reparan debido al costo de las refacciones y a que requieren de personal especializado para ello. La descompostura de los equipos no se puede prevenir por la falta de mantenimiento de tal manera que es frecuente la falla de los mismos durante la época de mayor uso (época de sequía). Son muy pocas las unidades en las que se programa el mantenimiento del equipo de riego, y éste se realiza durante la época de lluvias, cuando no se requiere del riego.

Los resultados de las evaluaciones (Cuadro 1) indican que las Unidades de Riego evaluadas tienen superficies que varían ampliamente, con secciones de riego cuyo número y superficie también son muy variables y dependientes del número de usuarios y de la potencia de la bomba de riego, por lo que el manejo del riego se realiza con base en acuerdos de la Asamblea de Usuarios de la Unidad de Riego correspondiente y depende fuertemente de la capacidad económica de los productores y no de las necesidades hídricas de los cultivos. La aplicación del agua de riego a las plantas no es uniforme debido a la variabilidad observada en el número de microaspersores instalados por unidad de superficie que va desde 170 hasta 300 por hectárea, debido a que los usuarios incrementan la densidad original de sus plantaciones y agregan emisores sin considerar la capacidad de riego instalada, y a que se tienen emisores con diferentes gastos entre unidades e incluso dentro de una misma sección de riego. El gasto teórico (proyectado) de los microaspersores evaluados varía entre 40 y 70 litros por hora (LPH); pero dicho gasto no se alcanza en ninguna de las Unidades, pues el gasto medio fluctúa entre 19 y 54 LPH.

Los resultados de la evaluación indican que las eficiencias de conducción y distribución de los sistemas de riego por microaspersión en el Distrito de Riego 048 tienen un amplio intervalo de variación (entre 31% y 92%), con una media de 62.0%, la cual es muy baja a pesar de utilizar un sistema de riego presurizado, lo cual se debe a la gran cantidad de fugas que presentan las tuberías a lo largo de la distribución y al mal estado de conexiones y válvulas.

El CU obtenido en las Unidades, también es un valor con amplia variación, desde 56% hasta 89%, y con base en el criterio de calificación, al ser menor al 90% en todos los casos se concluye que los sistemas de riego no funcionan correctamente. Las causas que están propiciando dicha ineficiencia, van desde una simple obstrucción que se soluciona con una limpieza del sistemas, hasta las fugas debidas a tuberías rotas, válvulas en mal estado, emisores dañados, obturados o rotos, que implican un mayor costo y tiempo para su reparación.

La eficiencia global de uso del agua estimado a partir de los resultados obtenidos tuvo una variación entre 17% y 82%, con una media del 48%, el cual es muy bajo para este sistema de riego. Este resultado es aún menor al reportado por la CONAGUA (2008), de 56%, por lo que es necesario implementar medidas correctivas para alcanzar la eficiencia mínima de 85% inherentes a estos sistemas de riego.

La CONAGUA (2008) reporta que anualmente se extraen 36'880,000 m³ de agua para el riego de los cítricos en el Distrito de Riego, por lo que se puede estimar que se desperdician 19'177,600 m³ de agua anualmente, los cuales podrían utilizarse para otras actividades o simplemente no extraerse, con lo que también se tendría un considerable ahorro de la energía eléctrica empleada para el bombeo.

Cuadro 1. Características de los sistemas de riego por microaspersión en huertos de cítricos del sur de Yucatán.

Característica	Promedio	Mínima	Máxima
Superficie de la Unidad de Riego (ha)	67	35	108
Superficie por sección de riego (ha)	24	7	48
Número de emisores ha ⁻¹	220	160	300
Tiempo de riego (horas)	6	2	10
Frecuencia de riego (días)	3	1	8
Gasto actual de la bomba (lps*)	75	45	150
Gasto actual del emisor (LPH**)	39	19	54
Gasto teórico del emisor (LPH**)	60	40	70
Eficiencia de conducción (%)	62	31	92
Coefficiente de Uniformidad (%)	77	56	89
Eficiencia global de uso del agua (%)	48	17	82
Volumen de riego (L árbol ⁻¹ riego ⁻¹)	243	93	415
Volumen de riego (m ³ ha ⁻¹ riego ⁻¹)	50	18	87

El volumen de agua aplicada por árbol por riego varía entre 140 y 400 L y el intervalo de riego entre dos y ocho días; si consideramos que la demanda de agua por árbol varía entre 125 y 175 L por día, dependiendo de la época del año (CONAGUA, 2008), y que la mayoría de los suelos del área de estudio no puede retener más de 25 m³ ha⁻¹, entonces concluimos que una gran cantidad del agua aplicada se pierde por infiltración profunda al exceder la capacidad de retención de humedad del suelo en cada riego; además, los intervalos de riego mayores a dos días propician el déficit hídrico de las plantas al agotarse la reserva en menos de dos días, debido a la característica de baja retención de humedad de los suelos.

El volumen de agua promedio aplicado en cada riego (50 m³ ha⁻¹), dividido entre el intervalo de riego promedio (tres días), equivale a 17.3 m³ ha⁻¹ día⁻¹, en tanto que el requerimiento medio del cultivo de naranja es 33.0 m³ ha⁻¹ día⁻¹, por lo que es claro que el riego no cubre la demanda del cultivo, razón por la cual una gran cantidad de árboles se pierde anualmente por efectos de la sequía.

Finalmente, considerando que la mayor superficie de cítricos en la región se encuentra establecida en suelos pedregosos (Leptosoles), los cuales son someros (< 40 cm de profundidad) y con una baja capacidad de retención de humedad (menos de 50 m³ ha⁻¹), por lo que cuando el volumen de riego excede la capacidad de retención de humedad del suelo, el agua aplicada se pierde por infiltración. El volumen retenido equivale 1.5 veces el requerimiento del cultivo, por lo que los riegos tienen que aplicarse a diario.

Conclusiones

El riego del cultivo de naranja se aplica sin conocimiento de los requerimientos hídricos del cultivo y sin considerar la capacidad de retención de agua de los suelos, y con sistemas de riego por microaspersión con múltiples deficiencias, lo cual lo encarece y propicia el bajo rendimiento y calidad de los productos, lo cual a su vez reduce la competitividad en el mercado y la rentabilidad del sistema de producción.

La eficiencia de uso del agua del riego por microaspersión del cultivo de cítricos es del 48%, debido principalmente a las malas condiciones de los sistemas de conducción y distribución, los cuales presentan muchas fugas.

La situación del cultivo de cítricos en el Distrito de Riego 048 de Ticul, Yucatán, es crítica debido a que por el mal manejo del riego, se aplican cantidades excesivas en algunos casos y deficitarias en otros, dando por resultado que muchos de los árboles mueran por falta de agua.

Literatura Citada

- Burt, Ch. M. y S.W. Styles. 1994. Irrigation efficiency and uniformity. Drip and microirrigation for trees, vines, and row crops. ITRC. Department of Agricultural Engineering. California Polytechnic State University. San Luis Obispo, California.
- CONAGUA. 2008. Estadísticas del Agua en México 2008. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D.F. 228 p.
- Keller, J. y D. Karmelli. 1975. Trickle irrigation design. Edited and Published by Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation. Glendora, California, USA.
- Merriam, J.L. y J. Keller. 1978. Farm irrigation system evaluation: a guide for Management. Agric. Irrig. Eng. Dept. Logan, Utah State University. P. 11: 81-124.
- Román L., A., F. Mendoza M., M.A. Inzunza I., I. Sánchez C. y A. Rodríguez C. 2005. Evaluación de sistemas de riego presurizado. CENID RASPA. INIFAP. Folleto Científico 17. Gómez Palacio, Dgo.
- SIAP. 2011. Sistema de Información Agropecuaria. SAGARPA. Cierre del ciclo de cultivo 2010. <http://www.siap.gob.mx/>

DESARROLLO DE GENOTIPOS DE TOMATE EN MEZCLAS DE ARENA:VERMICOMPOST *VERSUS* ARENA:SOLUCIÓN NUTRITIVA

Alejandro Moreno Reséndez^{1‡}, Manuel H. Reyes Valdes², Norma Rodríguez Dimas³, Jesús Vásquez Arroyo⁴, José Luis Reyes Carrillo⁵, Pedro Cano Ríos⁶ y Uriel Figueroa Viramontes⁷.

Departamentos de ¹Suelos, ²Fitomejoramiento, ³Ciencias Básicas, ⁴Agroecología, ⁵Biología y ⁶Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – UL. Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y Carretera a Santa Fe. CP 27059. Torreón, Coahuila, México. ⁷Campo Experimental La Laguna, Centro de Investigación Regional Norte Centro, INIFAP. km 17.5 Carretera Torreón-Matamoros. CP 27440 Matamoros, Coah., México. ‡ Autor por correspondencia: alejamorsa@yahoo.com.mx y alejamorsa@gmail.com

Resumen

Para determinar la respuesta del tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill.) de crecimiento indeterminado, y establecer la concentración óptima de arena:vermicompost, para satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo, se estableció el trabajo en invernadero. La siembra se realizó, durante el ciclo O-P 2006 - 2007, en charolas de poliestireno de 200 cavidades con Peat moss® y el trasplante a los 25 días después de la siembra, utilizando macetas de plástico de 20 L. En los sustratos de arena:vermicompost se usaron las proporciones 1:1; 2:1; 3:1; y 1:0. Evaluándose cuatro sustratos (factor A) y dos genotipos (factor B), y testigos, ambos genotipos en macetas con arena y solución nutritiva, en total ocho tratamientos, con seis repeticiones. Miramar con 145.9 Mg ha⁻², superó ($P \leq 0.01$) con 17.20% a Romina. Respecto a los sustratos, el testigo con 168.7 Mg ha⁻², excedió ($P \leq 0.01$) a los rendimientos de los sustratos que recibieron el vermicompost en al menos un 24.6%. Para el resto de parámetros el sustrato arena y solución nutritiva también superó ($P \leq 0.01$) a los tres sustratos de arena:vermicompost. Los sustratos con vermicompost, sin fertilizantes sintéticos, desarrollaron completamente el ciclo del cultivo, para ambos genotipos, sin presentar síntomas aparentes de deficiencia y sin afectar la calidad de los frutos, los cuales pueden alcanzar mayor precio en el mercado

Palabras clave: abonos orgánicos, fertilizantes sintéticos, invernadero, sustratos, *Lycopersicon esculentum*.

Abstract

In order to determine the behavior of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) of indeterminate growth, and to establish the optimum concentration of the mixture sand:vermicompost to satisfy crop nutritional needs, a greenhouse experiment was carried out. Seeds were sown, during the cycle A-W 2006 - 2007, in polystyrene trays with 200 cavities, padded with Peat moss® and were transplanted 25 days after sowing in 20 L black plastic bags. The ratios of sand:vermicompost were 1:1; 2:1; 3:1 and 1:0. Four substrates (factor A) and two genotypes (factor B) were evaluated and, as controls, both genotypes in pots with sand and nutrient solution, for a total of eight treatments, with six replications. Miramar with 145.9 Mg•ha⁻² was exceed ($P \leq 0.01$) a 17.20% to Romina. Regarding the substrates, the yield of tomato in the treatment sand and nutrient solution (control) was 168.7 Mg•ha⁻². This value exceeded ($P \leq 0.01$) at least 24.6% the yields of the substrates that received vermicompost. For the rest of the parameters the substrate with sand and nutrient solution also exceeded ($P \leq 0.01$) the three sand:vermicompost substrates. The substrates that included vermicompost, without synthetic fertilizers, for both genotypes developed completely the tomato crop cycle without apparent symptoms of deficiency, and without affecting the quality of fruits.

Key Words: organic fertilizers, synthetic fertilizers, greenhouse, substrates, *Lycopersicon esculentum*.

Introducción

La demanda nutritiva de los cultivos en invernadero se satisface con fertilizantes sintéticos, a través de soluciones nutritivas (Cook y Calvin, 2005), cuyos componentes pueden afectar al cultivo y al ambiente (Ramesh *et al.*, 2005), cuando se utilizan de manera irracional. Morse (1995) señala que N y P se han

asociado con la contaminación del agua superficial y la eutrofización de lagos. Además, la elaboración de los fertilizantes depende de diversos recursos naturales no renovables *e. g.* el petróleo (Chan, 2001), cuya disponibilidad, con el tiempo, será más reducida.

Recientemente, una alternativa para cubrir la demanda de cultivos en invernadero, es usando vermicompost (VC) como sustrato de crecimiento (Menezes-Junior *et al.*, 2000), ya que éste, por sus características puede reducir el uso de fertilizantes sintéticos (Atiyeh *et al.*, 2000a). El VC puede usarse como abono orgánico y sustrato en invernaderos (Atiyeh *et al.*, 2000b). Su empleo ha provocado efectos favorables sobre hortalizas y especies ornamentales, *e. g.* tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), pimiento verde (*Capsicum annuum*), lechuga (*Lactuca sativa*), maravillas (*Calendula officinalis* L.) (Atiyeh *et al.*, 2000a; Cracogna *et al.*, 2001).

Una tendencia consistente cuando se ha evaluado el crecimiento de plantas en macetas es que la mejor respuesta ocurre cuando el VC constituye del 10 al 20% del volumen del sustrato, ya que mayor proporción no siempre se mejoró su crecimiento. Los antecedentes permiten suponer que el desarrollo de especies vegetales en invernadero, supeditado al uso de soluciones nutritivas, se puede satisfacer aplicando VC, reduciéndose el empleo de los fertilizantes sintéticos. El objetivo fue evaluar el efecto de diferentes sustratos de arena y VC sobre genotipos de tomate, de crecimiento indeterminado, comparados contra el tratamiento testigo (arena con solución nutritiva).

Materiales y Métodos

El experimento se realizó, en el ciclo, O-P 2006 - 2007, en el invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, Torreón, Coahuila, México (25° 05' y 26° 54' N; y 101° 40' y 104° 45' O) dentro de la Comarca Lagunera. El invernadero es semicircular, con cubierta de acrílico reforzado, pared húmeda, extractores y riego por goteo, con equipo computarizado Rain-Bird®, piso de grava, de 8 x 23 m, ventanas laterales de 1.20 m de alto, éstas se cubren con acrílico enrollable y están protegidas con malla antiafido (Malla Plas®). La cubierta de acrílico se protege con malla sombra durante las estaciones del año más calurosas.

Se emplearon dos genotipos de tomate bola (*Lycopersicon esculentum* Mill.), Miramar y Romina (Seminis Vegetable Seeds®) de crecimiento indeterminado. La siembra se realizó el 6/10/2006 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, con *Peat moss* (Sunshine, Sun Gro Horticulture, Canadá®) (Nieto-Garibay *et al.*, 2002). Éstas se colocaron en invernadero cubiertas con plástico negro y se regaron con agua de la llave, pH 7.57 y clasificada como C3S1, de bajo riesgo de salinización y alcalinización (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008) cada tres días hasta el trasplante, realizado a los 27 días después de la siembra (dds), colocando una plántula por maceta, con altura aproximada de 10 cm. Como macetas se utilizaron bolsas de polietileno negro calibre 500, tipo vivero de 20 L, éstas se colocaron en el invernadero a doble hilera, en tresbolillo, a una distancia de 30 cm entre plantas, para un total de 4.4 plantas m⁻².

Para transformar los residuos orgánicos (estiércoles de caballo y de cabra con paja de alfalfa, relación 1:1, en volumen) en VC se utilizaron lombrices *Eisenia fetida* (Atiyeh *et al.*, 2000a) durante 90 días (Bansal y Kapoor, 2000), sus características químicas se presentan en el Cuadro 1.

Como medios de crecimiento se utilizaron cuatro sustratos de arena de río con VC. La arena fue lavada y desinfectada con hipoclorito de sodio al 5%, y antes de su empleo fue secada al aire durante 48 h. Los sustratos presentaron las siguientes proporciones en volumen de arena:VC (1:1; 2:1; 3:1 y 1:0, a este último se le aplicó la solución nutritiva (SN) recomendada por Rodríguez *et al.* (2008) con ligeras modificaciones). Para la SN se utilizaron compuestos químicos de alta solubilidad, de grado técnico, disponibles en el mercado regional y se diluyeron en 18 L de agua. Para satisfacer necesidades de los testigos, derivado de experiencias preliminares, se consideraron cuatro etapas y se aplicaron 0.5 L maceta⁻¹

1 día^{-1} de la SN correspondiente en cada fase (Cuadro 2). Además, en función de las etapas fenológicas del cultivo se aplicaron de 0.5 a 2.0 L de agua día^{-1} , distribuidos en tres riegos.

De acuerdo con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes proporciones de arena:VC sobre el desarrollo de los genotipos de tomate, a las macetas con estos sustratos no se les aplicó la SN, buscando satisfacer sus necesidades nutritivas con el VC. Para regar los tratamientos con VC se utilizó agua de la llave.

Cuadro 1. Características químicas del VC, generado a partir de la mezcla de estiércoles de caballo y de cabra con paja de alfalfa, en una relación 1:1, en volumen, utilizado como sustrato para el desarrollo de los genotipos de tomate. UAAAN – UL.

S	CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	Componente y concentración									
		MO (%)	Nt	P	Cu	Fe	Zn (mg kg^{-1})	Mn	Ca	Mg	Na
VC	6.06	17.28	0.69	936.5	1.6	45.0	12.2	20.4	14.0	0.77	5.74

S = Sustrato; VC = vermicompost, CE = conductividad eléctrica. MO = materia orgánica (Walkley Black), Nt = nitrógeno total Kjeldahl, P (Olsen modificado), Cu, Fe, Zn y Mn (extracción con DTPA y determinación por absorción atómica), Ca, Mg y Na (extracto de VC a saturación y determinación por absorción atómica). Usando un equipo de absorción atómica Perkin Elmer 3100.

Cuadro 2. Solución nutritiva que se aplicó al tratamiento testigo del cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en el periodo Octubre – Mayo (2006-2007). UAAAN-UL.

Compuesto	Fase			
	1ª Plantación	2ª floración y cuajado	3ª inicio de maduración	4ª cosecha
Ca(NO ₃) ₂ (g)	90	360	475	675
Mg(NO ₃) ₂ (g)	20	180	216	360
KNO ₃ (g)	55	385	495	825
Maxiquel multi (g)	2.7	14	18	30
Maxiquel Fe (g)	2.7	14	18	30
H ₃ PO ₄ (mL)	200	200	200	200

La polinización se realizó al iniciar la floración con vibrador eléctrico, a diario de 12:00 a 14:00 h, pasándolo por el pedúnculo de la inflorescencia (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008). Cada tercer día se eliminaron los brotes axilares, guiando las plantas a un solo tallo. Al alcanzar 30 cm, el tallo principal fue tutorado con rafia, para mantener erguidas las plantas. Cuando los primeros racimos alcanzaron el punto rosado, se eliminaron las hojas por debajo de éstos, facilitando la aireación y la coloración de los frutos.

Se establecieron trampas de color amarillo con Biotac® para el monitoreo y control de plagas, realizándose revisiones semanales. La Mosquita blanca (*Bemisia argentifolli* Bellows & Perring) el Gusano alfiler (*Keiferia lycopersicella* Walshingham) y el Pulgón (*Aphis gossypii* Sulz) se controlaron con insecticida orgánico Bioinsect® en dosis de 2 L ha^{-1} . A los 50 dds se encontraron brotes de cenicilla (*Leveillula taurica* Lev. Arnaud) y se controló con fungicida orgánico Sedric®, en dosis de 1.8 L ha^{-1} .

La cosecha, hasta el octavo racimo se realizó cada semana, al presentar los frutos un color rosa promedio entre el 30 y no más del 60 %, requerido por la clasificación de color del USDA (1991). Se evaluaron: frutos por planta, diámetros polar y ecuatorial, sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$) peso de fruto y rendimiento total. El diseño experimental fue completamente al azar, con arreglo factorial 4 x 2: factor A sustratos y factor B genotipos, con seis repeticiones. Los datos se analizaron estadísticamente utilizando el ANDEVA y para la comparación de las medias de tratamientos se aplicó la prueba DMS_(5%) (Steel y Torrie, 1960).

Resultados y Discusión

Los sustratos presentaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para número de frutos por planta y rendimiento total, destacando el sustrato S4 (arena con solución nutritiva), con promedio de 27 frutos por planta, el cual superó en 5 (18.5 %), 4 (14.8 %) y 3 (11.11 %) frutos por planta a los frutos obtenidos en S1, S2 y S3, respectivamente; sustratos con VC (Cuadro 3). Este promedio de frutos por planta e igualmente en el testigo (arena con solución nutritiva) fue reportado por Moreno-Reséndez *et al.* (2005) con el cv. Flora-Dade, en diferentes mezclas de VC:arena. Los 27 frutos por planta resultaron exactamente igual al valor obtenido con Big Beef, pero fue el 50% inferior al promedio de frutos por planta en el genotipo Miramar, desarrollados usando humus de lombriz (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2008).

Al comparar los sustratos que recibieron el VC: S1, S2 y S3 (arena:VC: 1:1, 2:1 y 3:1, respectivamente) como parte del medio de crecimiento se encontró una relación inversamente proporcional entre la cantidad de VC utilizada y el número de frutos, esto es; a menor cantidad de VC en el sustrato, mayor número de frutos por planta, lo cual corresponde con lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000a; 2000b) quienes concluyeron que a mayores proporciones de VC se reduce la productividad de las especies vegetales.

Cuadro 3. Valores promedio de rendimiento total y de las variables de calidad de fruto evaluadas en los frutos de tomate desarrollados en sustratos de arena:vermicompost, y en arena:solución nutritiva en invernadero. UAAAN – UL, 2006 – 2007.

Fuente de variación	Variables de calidad de frutos de tomate		
	Diámetro polar (cm)	Número de frutos	Rendimiento total (Mg ha ⁻¹)
Sustrato	NS	**	**
S1	5.9	22 b	119.3 b
S2	6.1	23 b	118.3 b
S3	5.9	24 b	127.2 b
S4	5.9	27 a	168.7 a
Genotipo	**	**	**
M	5.8 b	27 a	145.9 a
R	6.2 a	21 b	120.8 b
S x G	NS	NS	NS
Media	5.9	24	133.4
CV (%)	4.1	12.1	16.5

M = Miramar; R = Romina; NS = no significativo; * y ** = significativo ($P \leq 0.05$) y altamente significativo ($P \leq 0.01$), respectivamente. Medias con la misma letra en una misma columna son estadísticamente iguales entre sí ($P \leq 0.01$).

Para genotipos se determinaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para diámetro polar (DP), y número de frutos (NF) por planta (cuadro 3). Para DP los mayores valores se obtuvieron con Miramar, mientras que para NF los valores más altos los registró Romina. Respecto al DP y considerando la Norma Mexicana NMX-FF-031-1997-SCFI (SCFI, 1998) los frutos de Miramar (5.8 cm) y Romina (6.2 cm) se clasificaron como chico y grande, respectivamente. Estos promedios resultaron similares a los reportados por Moreno-Reséndez *et al.* (2008) con André (6.5 cm) y Adela (5.9 cm) en mezclas de VC:arena y arena con solución nutritiva como testigo.

Finalmente, en rendimiento total se registraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para sustratos y genotipos y no significativas para la interacción sustratos por genotipo (Cuadro 3). En los sustratos el mayor rendimiento, 168.7 Mg ha⁻¹, correspondió al testigo el cual superó en al menos un 24.6 % de rendimiento a los tres sustratos con VC, esta condición coincide con Rodríguez-Dimas *et al.* (2008) y Márquez-Hernández *et al.* (2008) quienes obtuvieron 115.78 Mg ha⁻¹, también en el testigo, que resultó superior en 21.03 % respecto a los tratamientos con sustratos orgánicos. Sin embargo, como señalan

Márquez-Hernández *et al.* (2008) el empleo de fertilizantes sintéticos no se permite en los sistemas de producción orgánicos certificados.

Al igual que se señaló para NF por planta, al comparar los sustratos con VC (S1, S2 y S3; arena:VC: 1:1, 2:1 y 3:1, respectivamente) como parte del medio de crecimiento se determinó una relación inversamente proporcional entre la cantidad de VC utilizada en el sustrato y rendimiento obtenido, esta situación corresponde a lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000a; 2000b) quienes determinaron que a mayores proporciones de VC, en el sustrato de crecimiento, disminuyó la productividad de las plantas. Bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento, Miramar superó en 17.2% al rendimiento de Romina, aunque los valores alcanzados resultaron inferiores a los 173.70 y 170.52 Mg ha⁻¹, obtenidos por Moreno-Reséndez *et al.* (2008) con Adela y André, y de 228.9 y 189.0 Mg ha⁻¹, reportados por Rodríguez-Dimas *et al.* (2009) para Granitio y Romina, respectivamente.

Conclusiones

El rendimiento más elevado se presentó en el genotipo Miramar con 145.9 Mg ha⁻¹, y superó con 17.20 % a Romina. Respecto a los sustratos, el rendimiento de tomate en el tratamiento arena y SN (testigo) fue de 168.7 Mg ha⁻¹. Este valor superó a los rendimientos de los sustratos que recibieron el VC en al menos un 24.6 %. Para el resto de los parámetros, el sustrato con arena y SN también superó a los tres sustratos de arena:VC. Los sustratos que incluyeron el VC, sin fertilizantes sintéticos desarrollaron completamente el ciclo del cultivo del tomate para ambos genotipos sin presentar síntomas aparentes de deficiencia y sin afectar la calidad de los frutos. Las diferencias a favor del testigo podrían estar asociadas con la disponibilidad de elementos nutritivos en la SN. Con lo anterior, no es factible aseverar que los sustratos con VC, sin fertilizantes sintéticos, carecieron de los elementos nutritivos para incidir negativamente en el desarrollo de los genotipos, pues es necesario destacar los siguientes aspectos: a) el cultivo de tomate, en ambos genotipos, completó su ciclo fisiológico sin presentar síntomas de deficiencia; y b) los frutos obtenidos presentaron índices de calidad adecuados para su comercialización y consumo en fresco.

Literatura Citada

- Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards and J.D. Metzger. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75: 175-180.
- Atiyeh, R.M., S.Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger and W. Shuster. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44:579-590.
- Bansal, S., and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresour. Technol.* 73: 95-98.
- Chan, K.Y. 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity: implications for functioning in soils. *Soil Tillage Res.* 57: 179-191.
- Cook, R., and L. Calvin. 2005. Greenhouse Tomatoes Change the Dynamics of the North American Fresh Tomato Industry. Electronic Report from the Economic Research Service. Report Number 2. Economic Research Service - USDA. 86 p. URL: <http://www.ers.usda.gov/publications/err2/err2.pdf>. (Consulta: noviembre 3, 2005).
- Cracogna, M.F., M.N. Fogar, D. Rotela y M.C. Iglesias. 2001. Uso de lombricomposto e inoculante con *Azospirillum* sp, en el cultivo del zapallo anquito (*Cucurbita moschata* L.) (I). *Ciencia & Técnica. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste*. URL: <http://www.unne.edu.ar/cyt/2001/cyt.htm>. (Consulta: julio 1, 2003).
- Márquez-Hernández, C., P. Cano-Ríos y N. Rodríguez-Dimas. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34(1): 69-74
- Menezes-Júnior, F.O.G., H.S. Fernandez, C.R. Mauch and J.B. Silva. 2000. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Hort. Bras.* 18(3): 164-170.

- Moreno-Reséndez, A., M.T. Valdés-Perezgasga and T. Zarate-López. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Chile* 65(1): 26-34.
- Moreno-Reséndez, A., L. Gómez-Fuentes, P. Cano-Ríos, V. Martínez-Cueto, J.L. Reyes-Carrillo, J.L. Puente-Manríquez y N. Rodríguez Dimas. 2008. Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost:arena en invernadero. *Terra Latinoamericana* 26(2): 103-109.
- Morse, D. 1995. Environmental considerations of livestock producers. *J. Anim Sci.* 73:2733-2740.
- Nieto-Garibay, A., B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J.A. Larrinaga-Mayoral y J.L. García-Hernández. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.
- Ramesh, P., M. Singh and A.S. Rao. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Current Sci.* 88:561-568.
- Rodríguez-Dimas, N., P. Cano-Ríos, U. Figueroa-Viramontes, A. Palomo-Gil, E. Favela-Chávez, V de P. Álvarez-Reyna, C. Márquez-Hernández y A. Moreno-Reséndez. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotecnia Méx.* 31(3): 265-272.
- Rodríguez-Dimas, N., P. Cano-Ríos, U. Figueroa-Viramontes, E. Favela-Chávez, A. Moreno-Reséndez, C. Márquez-Hernández, E. Ochoa-Martínez y P. Preciado-Rangel. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. *Terra Latinoamericana* 27(4): 319.327
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCFI). 1998. Norma Mexicana NMX-FF-031-1997-SCFI, Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-Hortalizas frescas-Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - Especificaciones. Diario Oficial de la Federación. Secretaría de Gobernación. 29 p. URL: <http://www.dof.gob.mx/index.php?year=1998&month=1&day=7>. (Consulta: julio 20, 2010).
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill. New York, NY, USA.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1991. United States Standards for Grades of Fresh Tomatoes. 14 p. URL: <http://www.ams.usda.gov/AMSv1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5050331> (Consulta: junio 18, 2010).

EL RENDIMIENTO DE *OPUNTIA Ficus-indica* (L.) Mill. Y SU RELACIÓN CON PROPORCIONES NUTRIMENTALES

Valdez–Cepeda, Ricardo David^{1,2}, Blanco–Macías Fidel¹, Magallanes–Quintanar Rafael³, Vázquez–Alvarado Rigoberto E.⁴, Méndez–Gallegos Santiago de J.⁵, Troyo–Diéguez Enrique⁶

¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro–Norte. Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación. Apartado Postal 196, El Orito, Zacatecas, Zac., CP 98085, México.

²Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Paseo Solidaridad s/n. Zacatecas, Zac., CP 98064, México. E–mail, vacrida@hotmail.com

³Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Avenida R. López Velarde 801. Zacatecas, Zac., CP 98064, México

⁴Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía. Km 17.5, Carretera Zuazua–Marín. Marín, Nuevo León, CP 66700, México

⁵Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73. Salinas de Hidalgo, SLP, CP 786000, México

⁶Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Mar Bermejo No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita. La Paz, Baja California Sur, México.

Resumen

La especie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. se cultiva en 25 países para cosechar sus frutos (tunas), tallos tiernos (nopalitos) y cladodios maduros. México es el único país con producción comercial de nopalitos de *O. ficus-indica* en 12,041 ha con rendimientos medios anuales de 9.03–99.93 t ha⁻¹ y un promedio de 64.33 t ha⁻¹. Ésta gran variación de los rendimientos medios anuales se asocia a una gran diversidad de sistemas de producción que difieren en cuanto a prácticas de manejo como la fertilización, una labor fuertemente relacionada con la satisfacción de los requerimientos nutrimentales de la especie cultivada. El balance nutrimental es un efecto indirecto de las interacciones nutrimentales sobre el rendimiento biótico o comercial. En este contexto, una base de datos (n = 360) del rendimiento (biomasa) y las concentraciones de los nutrimentos N, P, K, Ca y Mg correspondientes a un experimento establecido en un Campo Experimental en El Orito, Zacatecas, México en abril de 1999 fue usada para identificar la dependencia del rendimiento sobre los nutrimentos y las proporciones nutrimentales a través de coeficientes de correlación de Pearson. El rendimiento depende significativamente ($p \leq 0.05$) de las concentraciones de N, Mg, Ca y K en cladodios de un año de edad. Las proporciones K:ln P, ln Ca:ln P y ln Mg:ln P tienen un efecto positivo sobre el rendimiento; mientras que las proporciones ln P:ln N, ln Mg:ln N y ln N:ln Ca afectan negativamente a la producción de biomasa.

Palabras clave: Nutrimentos, proporciones nutrimentales, estequiometría.

Abstract

Opuntia ficus-indica (L.) Mill. species is growing in 25 countries to harvest its fruit (cactus pear), young cladodes (stems or 'nopalitos') and mature cladodes. Mexico is the only country with commercial production of 'nopalitos' of *O. ficus-indica* covering 12,041 ha with annual mean yields, at farm level, ranging from 9.03–99.93 t ha⁻¹, and an overall average of 64.33 t ha⁻¹. This great variability of annual mean yields is associated with a wide range of farming systems that differ in terms of crop management practices such as fertilization, a labor closely related to satisfy the nutritional requirements of cultivated species. Nutrient balance in crop science is an indirect effect of nutrient interactions on biotic or commercial yield. In this regard, a database (n = 360) of yield (biomass) and nutrient concentrations of N, P, K, Ca and Mg from an experiment established at El Orito, Zacatecas, Mexico during April 1999 was used to identify yield dependence on nutrients and nutrient ratios through Pearson correlation coefficients. Yield is significantly ($p \leq 0.05$) dependent on N, Mg, Ca and K concentrations in one–year old cladodes. The K:ln P, ln Ca:ln P, and ln Mg:ln P mass ratios have a positive effect on yield; whereas the ln P:ln N, ln Mg:ln N, and ln N:ln Ca ratios negatively affect the production of biomass.

Key words: Nutrients, nutrient ratios, stoichiometry.

Introducción

La especie *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. se cultiva en 25 países para cosechar sus frutos (tunas), tallos tiernos (nopalitos) y cladodios maduros. México es el único país con producción comercial de nopalitos de *O. ficus-indica* en 12,041 ha con rendimientos medios anuales de 9.03–99.93 t ha⁻¹ y un promedio de 64.33 t ha⁻¹. Ésta gran variación de los rendimientos medios anuales se asocia a una gran diversidad de sistemas de producción que difieren en cuanto a prácticas de manejo como la fertilización, una labor fuertemente relacionada con la satisfacción de los requerimientos nutrimentales de la especie cultivada. Sin embargo, las cantidades de fertilizantes por aplicar para mejorar las disponibilidades de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en el suelo son diversas y no consideran el cómo influyen sobre la absorción y el uso de los nutrimentos por las plantas de *O. ficus-indica*.

Por lo general, el suplemento de un nutrimento afecta la absorción y el uso de otros nutrimentos, es decir, la interacción entre nutrimentos ocurre en las plantas. Las interacciones nutrimentales involucran iones cuyas propiedades químicas son lo suficientemente similares de manera que compiten por los sitios de adsorción, absorción, transporte y función sobre las superficies radicales o dentro de los tejidos vegetales. Tales interacciones son más comunes entre nutrimentos de tamaño, carga, geometría de coordinación, y configuración electrónica similares (Robson y Pitman, 1983). Además, se sabe que las interacciones están influenciadas por factores como la concentración del nutrimento, temperatura, intensidad de luz, aireación del suelo, humedad del suelo, pH del suelo, morfología de la raíz, tasa de transpiración de la planta, edad y tasa de crecimiento de la planta, especie vegetal y concentración de los nutrimentos en la planta (*i.e.* composición). Por consiguiente, el conocimiento actual sobre causas y consecuencias de la variación de la composición nutrimental en *O. ficus-indica* es limitado.

Los efectos de los nutrimentos son típicamente determinados por los niveles de los nutrimentos en el suelo y/o la planta en estudios de adición de nutrimentos (Drenovsky and Richards, 2004). Sin embargo, los experimentos de fertilización, aunque frecuentemente son sencillos, se desarrollan a largo plazo y requieren de trabajo intenso (Van Duren y Petgel, 2000; Bennet y Adams, 2001). Como una alternativa a ese tipo de estudios, las proporciones nutrimentales pueden ser usadas para elucidar que tan flexibles son dentro de una especie para predecir las limitaciones nutrimentales y para identificar cómo esas proporciones cambian. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue identificar las relaciones entre el rendimiento de plantas de *O. ficus-indica* y las concentraciones de los nutrimentos y sus proporciones en cladodios de un año de edad.

Materiales y Métodos

Un experimento con *O. ficus-indica* se estableció el 16 de abril de 1999 en una sección del predio del 'Centro Regional Universitario Centro Norte' de la 'Universidad Autónoma Chapingo', situado cerca de la ciudad de Zacatecas, México. Las coordenadas geográficas del sitio experimental son: 22° 44' 49.6'' latitud norte y 102° 46' 28.2'' longitud oeste; mientras que la altitud es de 2,296 msnm (Blanco-Macías *et al.*, 2006). El clima característico de la región se clasifica como BS1kw(w) y corresponde a un clima seco, el menos seco de los BS, con una temperatura media anual que oscila entre 12 y 18°C y una precipitación media anual de 472 mm. La mayoría (65%) de la precipitación pluvial ocurre de junio a agosto.

Una muestra de suelo superficial (0–30 cm) se tomó y trató para realizar análisis físicos y químicos. Los análisis del suelo indicaron que es de textura franca, con pH moderadamente alcalino y alto contenido de materia orgánica. Esto último se debe a que, durante más de 50 años, el predio se usó como huerta de árboles frutales (peral, ciruelo, manzano, entre otros) y el follaje, así como estiércol de bovino se incorporaban al suelo. La disponibilidad de N inorgánico es baja, la de P es muy alta, media la de K, alta la de Ca, moderadamente alta la de Mg, moderadamente baja la de Fe, muy alta la de Cu, excesiva la de Zn, moderadamente baja la de Mn y media la de B. La alta disponibilidad de Ca puede deberse a que el suelo es de origen calcáreo. El suelo es clasificado como Castañozem lúvico (según el sistema de clasificación de la FAO, modificado por la CETENAL, 1972) para las condiciones ambientales de México. El experimento se llevó a cabo con el fin de estudiar los efectos de cuatro tratamientos de fertilización sobre el rendimiento de tres variedades de *O. ficus-indica*. La combinación de esos factores y sus niveles dio como resultado 12 tratamientos distribuidos en el campo en tres bloques completos al azar.

Con este esquema se ha inducido (Blanco–Macías, 2005; Blanco–Macías *et al.*, 2006) y se seguirá induciendo seguramente, heterogeneidad, en la composición del tejido vegetal y el rendimiento de las diferentes variedades de nopal, así como variabilidad espacial edáfica. Todo el fertilizante se aplicó en julio de 1999. Del año 2000 en adelante el N se aplicó en dos fracciones: la primera mitad en primavera al iniciar la brotación y la segunda en el verano. El fósforo y el potasio se aplicaron en primavera al inicio de la primera brotación. La densidad empleada fue de 10,000 plantas ha⁻¹. Así, hubo 36 unidades experimentales. Cada unidad experimental constó de 12 plantas. Sin embargo, merece ser señalado que el demostrar efectos diferentes entre los tratamientos está fuera del alcance de este estudio, lo cual se aprecia en el objetivo. En las 36 unidades experimentales con 12 plantas cada una, se cosecharon los cladodios de un año de edad a partir de febrero a marzo de cada año (2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 y 2007); posteriormente, se pesaron para obtener el rendimiento medio expresado en términos de materia fresca por planta (kg Planta⁻¹). A todas las plantas se les practicó poda de formación, de manera que, a partir del año 2000, tuvieron la misma estructura. En dicha figura se aprecian tres cladodios sobre la penca madre, y luego tres cladodios sobre cada una de ellas. El rendimiento consistió en la biomasa de los cladodios que se desarrollaron sobre dicha estructura de 13 cladodios.

Dentro de cada una de las 36 unidades experimentales se escogió a una planta y, de ella, a un cladodio para realizar los análisis químicos con el fin de determinar las concentraciones de los nutrimentos N, P, K, Ca y Mg. En los años 2002, 2003 2004, el muestreo se duplicó y por tal razón se obtuvieron 360 cladodios como muestra. Los cladodios se lavaron con agua destilada. Después se deshidrataron en una estufa a 75°C durante 36 horas hasta alcanzar peso seco constante; luego se molieron. Después, las concentraciones de los nutrimentos se cuantificaron con base en peso de materia seca. Las determinaciones se hicieron a través de técnicas convencionales después del proceso de digestión ácida de las muestras del tejido vegetal deshidratado. Los métodos empleados fueron (Blanco–Macías *et al.*, 2006): Kjeldahl (N); fotocolorimetría con molibdovanadato (P); espectrofotometría de absorción atómica (K, Ca y Mg). La base de datos (n = 360) permitió saber que el rendimiento mostró una gran variabilidad (Coeficiente de variación, CV = 44.3%), al igual que N, Ca y Mg con CV de 46.5%, 36.5% y 27.6%, respectivamente. Las variabilidades de K y P pueden ser consideradas moderadamente altas con CV de 22.4% y 21%, respectivamente. La variabilidad es un aspecto importante cuando se identifica la composición nutrimental y sus consecuencias sobre el rendimiento y otros procesos. El rendimiento y las concentraciones nutrimentales pueden ser considerados como respuestas de la planta a factores bióticos y abióticos, especialmente a aquellos asociados con cambios a condiciones climáticas que cambian cada año (estación de crecimiento) y a tratamientos de fertilización. Por tanto, esta base de datos puede ser usada para identificar las relaciones entre el rendimiento y los nutrimentos y sus proporciones.

Los valores de las concentraciones de N, P, Ca y Mg se transformaron a logaritmo natural (ln) porque no se distribuyeron normalmente. Luego, cada relación bivariada se analizó para evaluar su confiabilidad y remover observaciones extrañas; de hecho, las observaciones ubicadas dentro de las colas, definidas por $\alpha = 0.025$ en cada distribución bivariada, fueron eliminadas. La base de datos reducida se usó para identificar relaciones entre nutrimentos, y entre cada expresión nutrimental con el rendimiento mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Resultados y Discusión

Las concentraciones medias (Cuadro 1) de N, P, Ca y Mg son mayores que las concentraciones óptimas en *O. ficus-indica* para producción de fruto reportadas por Claessens y Wessels (1997), probablemente debido a que las plantas corresponden a diferentes propósitos, ambientes y genotipos. Sin embargo, esas medias están comprendidas dentro de los rangos óptimos reportados para producción de biomasa por (Magallanes–Quintanar *et al.*, 2004, 2006; Blanco–Macías *et al.*, 2006, 2010). También, esos valores coinciden con las concentraciones en cladodios de plantas con grandes producciones de fruta en Argentina (Galizzi *et al.*, 2004).

Así entonces, el orden de requerimiento nutrimental es como se indica enseguida: K > Ca > Mg > N > P. Éste resultado coincide con el reportado en previos estudios (Blanco–Macías *et al.*, 2010). Por lo tanto, es notorio que la nutrición de esta especie es diferente a otras especies que se cultivan para producir fruta,

verdura y forraje. En otras palabras, N y P pueden ser macronutrientes no tan importantes en esta especie como lo son en otras.

Cuadro 1. Estadísticos básicos de rendimiento (materia fresca de cladodios, kg Planta⁻¹) y concentraciones (g kg⁻¹) de N, P, K, Ca y Mg en cladodios de un año de edad en *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (n = 250).

Estadístico	Rendimiento	ln N ^a	ln P ^a	K	ln Ca ^a	ln Mg ^a
Media	30.9	2.3 (10.0)	1.2 (3.4)	40.4	3.6 (36.7)	2.7 (14.6)
Desviación estandar	12.4	0.4 (1.5)	0.2 (1.2)	7.2	0.3 (1.4)	0.2 (1.2)
Coefficiente de variación (%)	40.1	17.4	16.7	17.8	8.3	7.4
Mínimo	6.4	1.4 (4.1)	0.8 (2.3)	26.0	2.9 (18.9)	2.2 (9.3)
Máximo	59.0	3.2 (23.3)	1.6 (5.0)	56.5	4.3 (74.3)	3.2 (24.2)

^aValores retransformados en paréntesis.

Las proporciones K:ln P, ln Ca:ln P y ln Mg:ln P presentaron una asociación positiva con el rendimiento; y por el contrario, ln P:ln N, ln Mg:ln N y ln Ca:ln N mostraron una relación negativa con la producción de biomasa. Estos resultados sugieren que la nutrición de las plantas de *O. ficus-indica* es compleja. Por ejemplo, es interesante que el N o el P participen en las proporciones que se correlacionan de manera significativa con el rendimiento y, por consiguiente, la proporción N:P es importante y que algunos desórdenes nutrimentales pueden ser debidos a una deficiencia de N. Esta última aseveración es conformada por coeficientes de correlación significativos ($p \leq 0.05$) entra cada uno de esos nutrientes y el rendimiento (0.292 para rendimiento vs. ln N y -0.278 para rendimiento vs. ln P: ln N, respectivamente). Únicamente dos proporciones nutrimentales (ln Ca: ln N and ln Ca: ln P, Cuadro 2) se correlacionaron significativamente ($p \leq 0.05$) con el rendimiento. Llama la atención que la proporción Ca:N se asocia negativamente con el rendimiento, mientras que Ca:P lo hace de manera positiva. Tales resultados implican un exceso de Ca o una deficiencia de N; pero también es posible una deficiencia de P con respecto a Ca.

Un antagonismo entre Ca y N ha sido reportado por Blanco-Macias *et al.* (2006), sin embargo, no puede vincularse a un efecto de dilución porque las plantas de *O. ficus-indica* tienden a acumular Ca en sus cladodios conforme incrementan su edad (Magallanes-Quintanar *et al.*, 2004). Es probable que las plantas absorbieran Ca en exceso debido a su gran disponibilidad en el suelo del sitio experimental, pero aún dentro del rango de suficiencia.

Cuadro 2. Correlaciones de Pearson (r) entre proporciones nutrimentales y rendimiento de *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. (n = 250).

Proporción nutrimental	Rendimiento (kg Planta ⁻¹)
K/lnCa	0.084
	p=0.187
K/ln Mg	0.094
	p=0.139
K/lnP	0.236
	p=0.0001
K/lnN	-0.052
	p=0.417
lnCa/lnMg	0.014
	p=0.820
lnCa/lnP	0.236
	p=0.0001
lnCa/lnN	-0.132
	p=0.038
lnMg/lnP	0.232
	p=0.0001
lnMg/lnN	-0.152
	p=0.016
lnP/lnN	-0.278
	p=0.0001

Coefficientes de Pearson (r) significativos a $p < 0.05$ en negritas.

La secuencia de requerimiento evidenciada implica la siguiente proporción nutrimental general (N:P:K:Ca:Mg, con N ajustado a 100 como referencia) expresado con base en masa: 100:34:404:36:146. Esta proporción discrepa de las reportadas para fitoplancton y la mayoría de tipos de plantas terrestres. Por ejemplo, Knecht and Göranson (2004) reportaron la proporción general 100:14.3:68.3:8.3:8.7 para plantas herbáceas. Las diferencias pueden deberse a que se involucraron diferentes órganos o tejidos (hojas y cladodios). Sin embargo, tanto como las hojas como los cladodios son órganos en donde se realiza fotosíntesis. En trabajos de investigación futuros con *O. ficus-indica* se recomienda involucrar de manera conjunta a las referencias nutrimentales, crecimiento, rendimiento y estequiometría nutrimental.

Conclusiones

El rendimiento de las plantas de *O. ficus-indica* se asoció de manera significativa con las concentraciones de N, Mg, Ca y K en cladodios de un año de edad. Las proporciones K:ln P, ln Ca:ln P y ln Mg:ln P se correlacionaron positiva y significativamente con el rendimiento; y por el contrario, las proporciones ln P:ln N, ln Mg:ln N and ln Ca:ln N lo hicieron negativamente.

Literatura Citada

- Blanco-Macías, F., A. Lara-Herrera, R.D. Valdez-Cepeda, J.O. Cortés-Bañuelos, M. Luna-Flores y M.A. Salas-Luévano. 2006. Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto en nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller). Revista Chapingo, Serie Horticultura 12(2): 165-175.
- Blanco-Macías, F., R. Magallanes-Quintanar, R.D. Valdez-Cepeda, R. Vázquez-Alvarado, E. Olivares-Sáenz, E. Gutiérrez-Ornelas, J.A. Vidales-Contreras, and B. Murillo-Amador. 2010. Nutritional reference values for *Opuntia ficus-indica* determined by means of the boundary-line approach. J. Plant Nutr. & Soil Sci. 173(6): 923-934.
- Bennet, L.T. and M.A. Adams. 2001. Response of perennial grassland to nitrogen and phosphorus additions in sub-tropical, semi-arid Australia. J. Arid Environ. 48: 289-308.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1972. Carta Edafológica. CETENAL, México.
- Claaessens, A.S. and A.B. Wessels. 1997. The fertilizer requirements of cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) under summer rainfall conditions in South Africa. Acta Hort. 438: 83-95.
- Drenovsky, R.E. and J.H. Richards. 2004. Critical N:P values: Predicting nutrient deficiencies in desert shrublands. Plant and Soil 259: 59-69.
- Galizzi, F.A., P. Felker, C. González, and D. Gardiner. 2004. Correlations between soil and cladode nutrient concentrations and fruit yield and quality in cactus pears, *Opuntia ficus-indica*, in a traditional farm setting in Argentina. J. Arid Environ. 59: 115-132.
- Knecht, M.F., and A. Göranson. 2004. Terrestrial plants require nutrients in similar proportions. Tree Physiol. 24: 447-460.
- Magallanes-Quintanar, R., R.D. Valdez-Cepeda, F. Blanco-Macías, M. Márquez-Madrid, R.R. Ruiz-Garduño, O. Pérez-Veyna, J.L. García-Hernández, B. Murillo-Amador, J.D. López-Martínez, and E. Martínez-Rubín de Celis 2004. Compositional nutrient diagnosis in nopal (*Opuntia ficus-indica*). J. Prof. Assoc. Cactus Develop. 6: 78-89.
- Magallanes-Quintanar, R., R.D. Valdez-Cepeda, F. Blanco-Macías, B. Murillo-Amador, J.L. García-Hernández, R.R. Ruiz-Garduño, M. Márquez-Madrid and F.J. Macías-Rodríguez. 2006. Nutrient interactions in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) and their effect on biomass production. Acta Hort. 728: 145-150.
- Robson, A.D. and J.B. Pitman. 1983. Interactions Between Nutrients in Higher Plants. In: Lauchli, A., and R.L. Bieleski. (Eds.). *Inorganic Plant Nutrition: Encyclopedia of Plant Physiology Vol. 1*. Springer-Verlag. New York.
- Van Duren, I.C. and D.M. Petgel. 2000. Nutrient limitations en wet, drained and re-wetted fen meadows: evaluation of methods and results. Plant & Soil 220: 35-47.

FOTOSÍNTESIS Y RELACIONES NUTRIMENTALES EN NOGAL PECANERO [*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch] BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE SALINIDAD

Arreola Ávila J. G¹, Rodríguez López¹, J. S. and Trejo Calzada R¹. ¹Unidad Regional Universitaria de zonas áridas. Apartado Postal 53230. Universidad autónoma Chapingo. arreolaavila@hotmail.com

Resumen

En los suelos del norte de México donde se cultiva el nogal pecanero (*Carya illinoensis*), la disponibilidad de agua ha disminuido, debido en parte, al cambio climático y la salinidad se ha incrementado, como resultado de las prácticas relacionadas con fertilización. La búsqueda de portainjertos de nogal tolerantes a salinidad, constituye una alternativa recomendable para lograr una explotación redituable de esta especie en zonas con suelos afectados por salinidad. Por lo tanto, el estudio de parámetros indicadores de tolerancia a la salinidad en nogal es importante. El objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad fotosintética, conductancia estomática y acumulación de iones en plántulas de nogal pecanero sometidas a diferentes condiciones de salinidad, (0, 1890, 2521 y 3152 ppm de cloruro de sodio). La fotosíntesis y conductancia estomática fueron afectadas por los gradientes de salinidad. Las concentraciones de Na y Cl en hoja, tallo y raíz, variaron. Basados en los resultados se asume que este material evaluado presenta una posible exclusión de iones.

Palabras clave: salinidad, tolerancia, plántulas de nogal, concentración.

Abstract

In Mexican Northern soils where pecan (*Carya illinoensis*) is cultivated, water availability had decreased, due to climatic changes, and salinity had increased as a result of practices related to fertilization management. Searching for pecan rootstocks tolerant to salinity constitutes a recommendable alternative to achieve a profitable activity in areas affected by soil salinity. Therefore, the study of indicator parameters to salinity tolerance in this species is important. The objective of this study was to evaluate the photosynthetic activity, stomata conductance and ions accumulation in pecan seedlings subjected to different salinity conditions (0, 1890, 2521 y 3152 ppm of sodium chloride). Photosynthesis and stomata conductance were affected by salinity gradient. Concentrations of Na and Cl in leaf stem and root varied. In this study the results allows to assume this material presents possibly the ions effect exclusion.

Key words: salinity, tolerance, pecan seedlings and concentration.

Introducción

El nogal pecanero se desarrolla en regiones semiáridas las cuales afrontan una limitada disponibilidad de agua así como un incremento en la salinidad (Miyamoto, 2005). En las huertas que cuentan con riego presurizado, el agua se aplica de manera fraccionada, esto es con el objetivo primordial de satisfacer el uso consuntivo de los nogales; por consiguiente, el lavado de las sales en el suelo no ocurre, elevando consecuentemente los niveles de cloro y sodio, iones a los cuales el nogal pecanero es muy sensible (Miyamoto *et al.*, 1985).

En la reproducción sexual de nogal, el tamaño de la plántula es uno de los parámetros que muestran la variabilidad entre plántulas segregadas, la cual se ha determinado en el diámetro del tallo (Arreola, 1990). No obstante la manifestación de esta variable, no es suficientemente significativa para definir portainjertos de diferente vigor. Esta variabilidad también ha sido determinada en estudios de evaluación de plántulas de nogal tolerantes a salinidad. Como resultado ha sido posible determinar plántulas de nogal eficientes para tolerar niveles más elevados de sales que el normal (Hanna, 1987). También se tiene documentada la evidencia de materiales de nogal que presentan la capacidad para tolerar deficiencia de zinc; Hanna y Storey (1972) en investigaciones llevadas a cabo en Brownwood Texas, encontraron la presencia de

plántulas de nogal pecanero que difieren en tolerancia a deficiencia de zinc y toxicidad a la clorosis. Sparks y Madden (1977), enfatizan el efecto del genotipo sobre la concentración nutrimental, que la concentración de nutrimentos en las hojas varía considerablemente entre estos genotipos. Los autores detectaron diferencias estadísticas significativas para N, K, Ca Fe y Na y concluyen que las aplicaciones uniformes de fertilizantes no necesariamente manifiestan niveles similares de nutrimentos en el follaje de las variedades.

La tolerancia a la salinidad del suelo en arboles como el pistache se debe a que presenta el mecanismo conocido como exclusión de iones, es decir, regula el contenido de sodio y cloro en el flujo por el xilema hacia las hojas, redistribuyéndolo a la raíz (Figuroa *et al.*, 1991). Este mecanismo responsable de la tolerancia a salinidad también en naranjo, parece funcionar en el área de emisión de raíces adventicias, en el cual el sodio se intercambia por potasio. Otro mecanismo se propone en vid, al señalarse que la acumulación de cloro en hojas de diferentes variedades y portainjertos de esta especie, está controlada por la permeabilidad de la membrana de su raíz (Kuiper, 1968).

El daño de sales es frecuentemente reportado en áreas cultivadas con nogal pecanero. La sensibilidad de esta especie al sodio y cloro en el agua y en el suelo es considerable. Se reporta que niveles de sodio de 40 mmol L^{-1} reducen el crecimiento en un 25% en plántulas desarrolladas de semillas de Apache y Burkett (Miyamoto, 1985). La misma manifestación lo muestran las plantas de Riverside pero a niveles de 50 mmol L^{-1} . Se propone que las plántulas de Riverside son las más adecuadas para usarse en suelos salinos, ya que según las observaciones en este estudio, manifestaron menos cantidades de sodio en las hojas, produciendo igual o mayor biomasa radicular. Otra importante observación es que el contenido foliar de cloro en las plantas no correlaciona ni con las concentraciones de cloro en el suelo ni con el crecimiento de la planta, por lo que se supone que el nogal puede ser más sensible al ión sodio. Estudios llevados a cabo sobre el efecto de la salinidad sobre el desarrollo del nogal pecanero, indican que un nivel de salinidad de 3.5 dS/m (2200 ppm) puede reducir la tasa de crecimiento aproximadamente 25%. La Muerte regresiva puede ocurrir a niveles de salinidad de 5 dS/m (3200 ppm) y los árboles pueden morir cuando la salinidad del suelo alcanza o excede 6 dS/m (3800 ppm) (Miyamoto *et al.*, 1986). Existen limitadas evaluaciones del efecto de la salinidad sobre la fisiología y concentraciones de iones en el tejido en las etapas iniciales de desarrollo del nogal. Por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad fotosintética, conductancia estomática y acumulación de iones en plántulas de nogal pecanero sometidas a diferentes condiciones de salinidad, son es cm.

Materiales y Métodos

El estudio fue conducido en una casa sombra, ubicada en la URUZA-UACH. Se evaluaron plantas provenientes de semilla de nogal pecanero nativo. Las cuales fueron puestas en remojo como tratamiento pregerminativo, después fueron sembradas en invernadero, sobre en una caja para semillero de madera, usando arena como sustrato. Estas fueron regadas cada tercer día con agua destilada. Después de aproximadamente tres meses, las plántulas fueron trasplantadas en húmedo a macetas de 7 kg con el mismo tipo de sustrato y transportadas a una casa sombra, donde posteriormente se les aplicó los tratamientos. Fueron aplicados cuatro tratamientos consistentes en 0, 1890, 2520 y 3150 de Na Cl; que equivale a 0, 750, 1000 y 1250 ppm de Na a 0, 1140, 1520 o 1900 ppm de Cl. EL NaCl se aplicó mediante el agua de riego durante un periodo de 6 semanas diariamente.

Para la preparación de las soluciones se empleó NaCl con una pureza del 99.8% así como agua destilada. 0, 750, 1000 y 1250 ppm de Na, que se prepararon a partir de NaCl con una pureza de 99.8%. Estos tratamientos fueron aplicados mediante riego diariamente, durante 6 semanas.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con 4 tratamientos incluyendo el testigo. Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por tres macetas.

Se evaluó la fotosíntesis y conductancia estomática con un medidor de fotosíntesis (LI-COR 6400). En laboratorio se determinó la concentración de Na, Cl y K en raíz, tallo y hoja, en la etapa final del experimento. Para todas las variables se llevó a cabo un análisis de varianza, y una posterior comparación

de medias, utilizando para ello la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ con el paquete estadístico SAS 2002 (Statistical Analysis System).

Resultados y Discusión

Las concentraciones de 1890 y 2520 ppm de NaCl no tuvieron efectos significativos sobre la fotosíntesis y conductancia estomática respecto al testigo (Cuadro 1). Estas variables disminuyeron significativamente en plantas tratadas con 3150 ppm de NaCl. La tasa fotosintética fue al menos dos veces menor a las plantas tratadas con 2520 y 1890 respectivamente, incluyendo el testigo

Cuadro 1. Fotosíntesis y conductancia estomática en plántulas de nogal pecanero tratadas con diferentes concentraciones de Na Cl.

Concentración de NaCl (ppm)	Fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	Conductancia estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
0	4.1a ^z	0.037a
1890	4.0a	0.031a
2521	3.4a	0.030a
3150	1.7b	0.015b

^z Medias con letras desiguales dentro de la columna son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

La concentración de cloro (177 ppm) observados en el tallo fue estadísticamente mayor a la encontrada en las hojas (85 ppm) y raíces (58 ppm) (Figura 1). Los diferentes valores encontrados en los tejidos de las plántulas para este ión indican un posible efecto de retención en los tejidos del tallo como lo cita Figueroa et al.,(1991). Los valores de sodio observados en la raíz y en el tallo fueron similares. A diferencia del cloro, un mayor contenido de sodio se encontró en la raíz, seguida por el tallo y finalmente por la hoja. La mayor concentración de K se encontró en las hojas (1434.74 ppm). La concentración de este elemento en tallo y raíz no muestra significancia estadística con valores de 1186.04 y 1222.04 respectivamente. La relación Cl/K para los diferentes órganos de la plántula de nogal fueron relativamente bajas (Figura 2). Debido a que las concentraciones de Cl que pueden ser permitidas por las plantas de nogal son muy bajas.

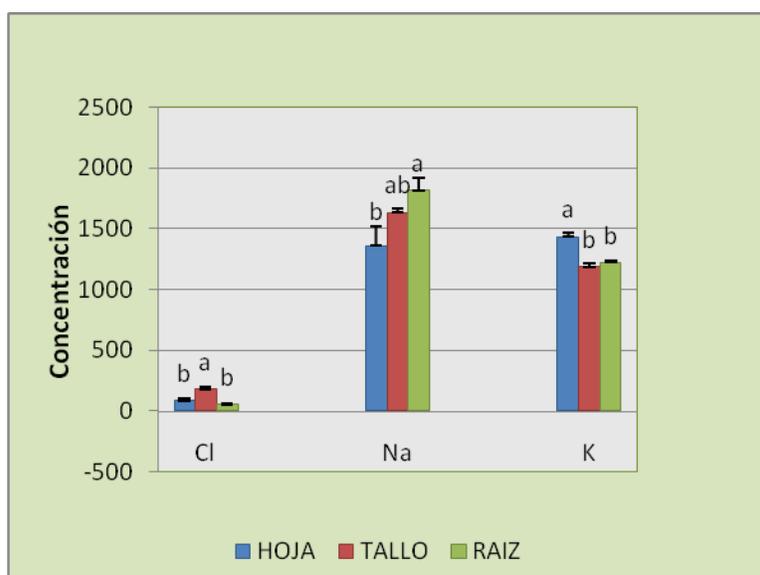


Figura 1. Concentración de iones en diferentes tejidos de plántulas de nogal pecanero. Barras con letras desiguales dentro de cada relación iónica representan efecto medio diferente (Tukey 0.05).

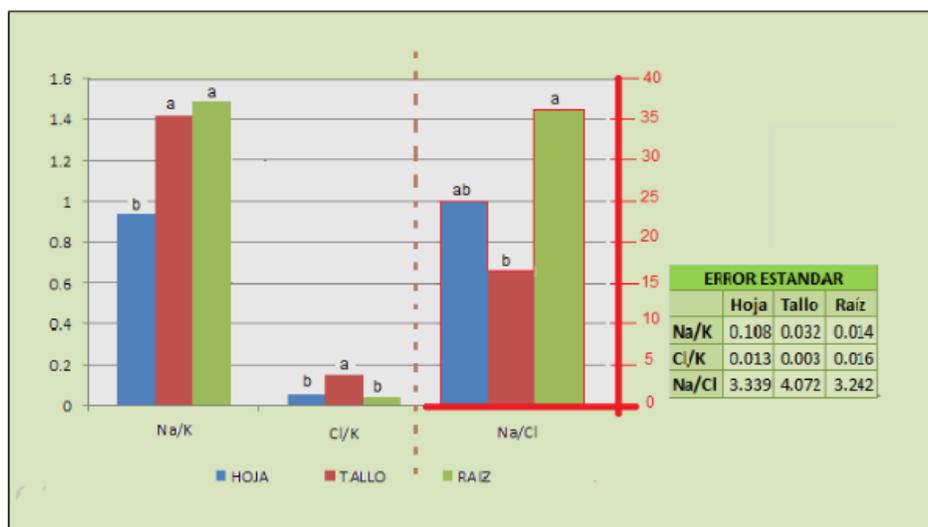


Figura 2. Relaciones iónicas en diferentes tejidos de plántulas de nogal pecanero. Barras con letras desiguales dentro de cada ión representan efecto medio diferente (Tukey 0.05).

Conclusiones

El contenido de Na y Cl en hojas, raíces y tallos, aumentó con el incremento de la concentración de sales en los tratamientos. Es posible que este material presente potencial para excluir el Na de las hojas, debido a que la mayor concentración de este ion fue encontrada en tallo y raíz, no siendo así para el ion Cl. Los tratamientos de salinidad no afectaron la concentración de nutrimentos evaluados en hoja, tallo y raíz, excepto para potasio en raíz.

Literatura citada

- Arreola Avila, J. 1990. Evaluación de materiales de nogal pecanero. Informe de Investigación. INFAP. 12 p.
- Figueroa, V. U. Baca, C. G. Martínez, G. A. 1991. Acumulación de Cl, Na, CA, K y MG em variedades y portainjertos de pistache *Pistacia* spp. Sometidos a diferentes condiciones de salinidad. *Agrociencia*. 2(1):149-161.
- Hanna, J. D. and J. B. Storey. 1972. New stock promising. *Pecan Quarterly* 6 (1):17.
- Hanna, J.D. 1987. Pecan rootstock. In: R.C. Rom (ed.). *Rootstocks for fruit crops*. John Wiley & Sons. P.401-410.
- Kuiper, P J. 1968. Lipids in grape root in relation to chloride transport. *Plant Physiol*. 43: 1367-1371.
- Miyamoto, S.; G.R. Gobran and K. Piela. 1985. Salt effects on seedling growth and ion uptake of tree pecan rootstock cultivar. *Agron. J.* 77:383-388.
- Sparks, D. y Madden, G. D. 1977. Effect of genotype on the elemental concentration of pecan leaves. *HortScience*. 12 (3):252- 252.
- Miyamoto, S., T. Riley, G. Gobran, and G. Petticrew. 1986. Effects of saline water irrigation on soil salinity, pecan tree growth and nut production. *Irrig. Sci.* 7: 83-95

DIAGNÓSTICO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL PARA EL DURAZNO EN EL NOROESTE DE CHIHUAHUA

Ojeda-Barrios Dámaris Leopoldina¹, Martínez-Téllez Jaime¹, Hernández- Rodríguez Ofelia Adriana¹, Ruíz-Anchondo Teresita¹, Núñez-Barrios Abelardo¹, Esteban Sánchez Chávez².

¹Facultad de Ciencia Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Email: dojeda@uach.mx.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C

Resumen

Con el objetivo de evaluar el estado nutrimental en hojas y flores de durazno (*Prunus pérsica L.*) de las variedades cultivadas en Chihuahua: Baby Gold 8, Autumn Lady, Catherin, Fairtime y Carnnaval que son de tipo prisco; además de Baby Gold 5 y Arkansas que son de hueso pegado, se realizó este trabajo durante el ciclo P/V 2010 en la Huerta Sacramento ubicada en el Km 40 Carretera Panamericana Chihuahua – Sauz. Se seleccionaron diez árboles por variedad de acuerdo a su área seccional del tronco. Se realizaron cuatro muestreos foliares entre los 100 y 125 días después de floración. La muestra foliar estuvo compuesta de 60 hojas (junto con el pecíolo) de 10 árboles sanos seleccionados al azar dentro del huerto. También se recolectaron 200 flores en plena floración para el análisis nutricional de los pétalos. Los análisis se realizaron mediante la técnica de Micro-Kjendhal y por espectrofotometría UV- visible para determinar el contenido de N, con una digestión triácida y por medio de absorción atómica para K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn y Mn. El estado nutrimental del durazno se determinó comparando los resultados de los análisis foliares con valores reportados anteriormente por diferentes autores. No se detectaron diferencias significativas entre las variedades, el Zn y el N fueron nutrimentos por abajo del nivel de suficiencia. En el análisis flora la variedad Carnival F102 tiene las más altas concentraciones para K, Ca, Mg, N, Cu, Fe, Mn y Fe en comparación a las demás variedades. Se reportan los valores para concentración de nutrimentos en pétalos de flores de durazno y se concluye que el análisis de la flor puede ser utilizado para diagnosticar el estado nutricional de los árboles.

Palabras clave: *Prunus persica*, nutrimentos, flor.

Abstract

In order to assess the nutrient status in leaves and flowers of peach (*Prunus pérsica L.*) varieties grown in Chihuahua: Baby Gold 8, Autumn Lady, Catherin, Fairtime and Carnnaval that are freestone type, in addition to Baby Gold 5 and Arkansas that are clingstone type, this study was done during the 2010 spring – summer cycle in the Sacramento Farm located in Km 40 Pan-American Highway Chihuahua – Sauz. Ten trees were selected for each variety according to their trunk's cross-sectional area. Four foliar samplings were done between 100 and 125 days after flowering. The leaf sample was composed of 60 sheets (with petiole) of 10 randomly selected healthy trees in the orchard. Also 200 flowers were collected in full bloom for nutritional analysis of the petals. Analyses were performed using the technique of Micro-Kjendhal and UV-visible spectrophotometry to determine N content, by triple acid digestion and atomic absorption for K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn and Mn. The nutritional status of peach was determined by comparing the results of leaf analysis values previously reported by different authors. No significant differences were detected between varieties; Zn and N nutrients were below the level of sufficiency. Carnival F102 Variety has the highest concentrations of K, Ca, Mg, N, Cu, Fe, Mn and Fe in comparison to the other varieties. Values for nutrient concentration in peach flower petals are reported and it is concluded that the analysis of the flower can be used in order to diagnose the nutritional status of trees.

Keywords: *Prunus persica*, nutrients, flowers.

Introducción

Chihuahua ha sido siempre uno de los principales estados productores de durazno (*Prunus pérsica L.*) en el país (SAGARPA, 2008). Produce cerca del 10% de los duraznos en México, colocándose en el cuarto lugar nacional, después de Zacatecas, Michoacán y Estado de México (SIAP,

2010). Destaca la región de Casas Grandes, que produce 4 de cada 5 duraznos en el Estado. Actualmente esta zona cuenta con una superficie aproximada de 3,000 ha establecidas con árboles de durazno, la producción es de más de un millón de cajas anualmente, y es el principal productor en el país de durazno prisco, de pulpa blanda que se destinan casi en su totalidad para el mercado en fresco (SIAP, 2010). Para un adecuado crecimiento y productividad del duraznero es importante tener en cuenta las necesidades hídricas y nutricionales de este, según la etapa fenológica (Cadahia, 2005). Sin embargo, uno de los problemas más relevantes en la producción de este frutal es que las necesidades hídricas de este cultivo son altas ya que los árboles de durazno pueden consumir de 3.5 hasta 5.00 l (Guerrero *et al.*, 2005). La aplicación de nutrientes puede ser también afectada por la disponibilidad de agua para la planta, una reducción significativa en el suministro de agua al cultivo, ya sea provocada por un periodo de sequía o la falta de riego, puede reducir de manera importante la absorción de nutrientes limitando el crecimiento vegetativo y del fruto (Abadía, *et al.*, 2002).

La Asociación de Durazneros del Noroeste de Chihuahua AC, que está conformada por 92 socios productores de durazno, identifican la necesidad de realizar un diagnóstico para generar recomendaciones nutricionales y de riego para variedades establecidas, que presentan una gran potencial productivo, entre las más importantes: Baby Gold 8, Autumn Lady, Catherin, Fairtime y Carnnaval que son de tipo prisco; además de Baby Gold 5 y Arkansas que son de hueso pegado, y mejores para envasar.

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación se efectuó durante el ciclo P/V 2010 ubicado en la Huerta Sacramento Km 40 Carretera Panamericana Chihuahua – Sauz. La localidad se encuentra a 28° 38' latitud Norte, 106° 04' longitud Oeste, a una altitud de 1433 msnm, con 336.5 mm⁻¹ de precipitación anual (SAGARPA, 2010). Con el propósito de realizar el diagnóstico, se seleccionaron diez árboles por variedad de acuerdo a su área seccional del tronco. Para conocer el estado nutricional de los árboles, se realizaron cuatro muestreos foliares entre los 100 y 125 días después de floración. La muestra foliar estuvo compuesta de 60 hojas (junto con el pecíolo) sanas (sin daños por plagas o enfermedades) y maduras, tomadas de la parte media de los brotes del año y de la parte media de la copa de 10 árboles sanos seleccionados al azar dentro del huerto. También en plena floración se recolectaron 200 flores para el análisis nutricional de los pétalos (Abadía *et al.*, 2002). Las muestras de pétalos y foliares, perfectamente identificadas, fueron lavadas, secadas y tamizadas. Con las muestras foliares y de pétalos se determinó el contenido de nitrógeno (N) como nitrógeno total (Nt), por medio de la técnica de Micro-Kjendhal y por espectrofotometría UV- visible. Con una digestión triácida y por medio de absorción atómica se medirán los contenidos de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) y manganeso (Mn), de esta misma digestión leer fósforo por espectrofotometría UV – visible a 470 nm (Leyva, 2000). La diferencia entre medias de los tratamientos fueron comparados utilizando el test LSD al 95% con ayuda del programa SAS 2007. Finalmente, los niveles de significancia fueron representados por * a P<0.05 y N.S. como no significativo.

Resultados y Discusión

Estudio del estado nutrimental del follaje en arboles de durazno. De acuerdo con el contenido nutrimental promedio de arboles de durazno reportados por Ballinger *et al.*, (1966), Westwood (1982), Jones *et al.*, (1991) y Johnson (1993) se encontró una correlación significativa entre los valores reportados y los encontrados en este trabajo, de acuerdo con los valores reportados para potasio (K) están dentro de la dosis optima sin embargo no se encontró que fueran significativos entre tratamientos, para las variables de calcio (Ca) y magnesio (Mg) los valores están cercanos a la dosis optima reportada y se encontró que los valores fueron significativos entre las diferentes variedades de durazno (Guerrero-Acosta *et al.*, 2005). El contenido nutrimental del follaje del cultivo comparado con los intervalos de suficiencia reportados por diferentes autores, indico que los nutrimentos analizados están en una condición normal y se acercan mucho al rango normal, el nitrógeno es el único nutrimento que se encontró por abajo del rango de suficiencia (Guerrero-Acosta *et al.*, 2005).

Cuadro 1. Medias de la variable referente a la concentración de macronutrientes en durazno. Sacramento, Chihuahua 2010.

Variedades de durazno	K	Ca	Mg	N
			%	
Arkansas F106	1.99 a	1.43 c	0.33 a	0.017 a
Baby G8 F81	1.60 ab	1.19 c	0.27 abc	0.017 a
Catherine F103	1.14 b	1.15 c	0.16 c	0.016 a
Baby G5 F127	1.99 a	1.51 bc	0.34 a	0.017 a
Autum L F73	1.51 ab	1.40 bc	0.22 bc	0.017 a
Carnival F102	1.65 ab	2.36 a	0.30 ab	0.018 a
Fartime F97	0.98 b	1.97 ab	0.19 bc	0.016 a
Pr>F	N.S.	*	*	N.S.

Las letras (a, b, c...) indican la diferencia de medias por el test LSD al 95 %

En el análisis del contenido nutrimental de Cu, Fe, Mn y Zn se encontró que los valores están dentro de los rangos normales reportados por otros autores Ballinger *et al.*, (1966), Westwood (1982), Jones *et al.*, (1991) y Johnson (1993), el Zn fue el único nutrimento que presenta valores por abajo del rango de suficiencia. Tomando en cuenta lo anterior, en durazno, el N, P, K y Zn disminuyen con la edad; en cambio el Ca, Mg, Fe y Mn no lo hacen (Abadía *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Medias de la variable referente a la concentración de micronutrientes en durazno. Sacramento, Chihuahua. 2010.

Variedades de durazno	Cu	Fe	Mn	Zn
			mg·kg ⁻¹	
Arkansas F106	7 b	101.66 ab	31 b	15.5 ab
Baby G8 F81	12 ab	113 a	44.66 a	17.66 a
Catherine F103	8.33 b	108.33 ab	32.83 b	14 bc
Baby G5 F127	14.33 a	110 ab	33.66 b	14 bc
Autum L F73	11 ab	99 b	28 b	13.16 bc
Carnival F102	9.66 ab	102.16 ab	32.33 b	11.66 c
Fartime F97	7.83 b	110.5 ab	31.66 b	11 c
Pr>F	N.S.	N.S.	*	*

Las letras (a, b, c...) indican la diferencia de medias por el test LSD al 95 %

Estudio del estado nutrimental de las flores en arboles de durazno. El muestreo foliar tiene como desventaja en árboles frutales, el tiempo de muestreo recomendado para dar resultados, con el propósito de implementar medidas correctivas en el mismo ciclo, con las implicaciones negativas en el rendimiento y calidad de la fruta (Pestana *et al.*, 2001). El análisis de pétalos de flores ha sido propuesto para varios frutales (*Citrus sinensis L*) y (*Prunus pérsica L.*) como una herramienta para predecir el estado nutrimental del árbol (Pestana *et al.*, 2001; Abadía *et al.*, 2002). En este trabajo las concentraciones de nutrimentos en las flores fueron evaluados durante el 2010 y se correlacionaron con la concentración nutrimental de las hojas y nos muestra que el análisis de pétalos de flores podría ser utilizado como un indicador del estado nutricional en los árboles de durazno (Pestana *et al.*, 2001; Abadía *et al.*, 2002). Los valores de concentración nutrimental de K, Ca, Mg, y N en pétalos de flores de durazno de siete variedades cultivadas en Chihuahua se muestran en el Cuadro 3. El contenido nutrimental de la variedad Carnival F102 tiene las más altas concentraciones para K, Ca, Mg y N en comparación a las demás variedades.

Cuadro 3. Medias de la variable referente a la concentración de macronutrientes en los pétalos de flores de durazno. Sacramento, Chihuahua. 2010.

Variedades de durazno	K	Ca	Mg	N
Arkansas F106	1.4500a	0.1950a	0.2650a	2.3254a
Baby G8 F81	0.7000b	0.1150a	0.2650a	2.4100a
Catherine F103	1.1000a	0.2550a	0.2550a	2.5294a
Baby G5 F127	1.3500a	0.2450a	0.1350b	2.5294a
Autum L F73	1.6500a	0.1550a	0.3050a	2.5294a
Carnival F102	1.4500a	0.2550a	0.2800a	2.4886a
Fartime F97	1.6500a	0.1300a	0.2900a	2.4886a

Las letras (a, b, c...) indican la diferencia de medias por el test LSD al 95 %

En el Cuadro 4 se muestran los valores correspondientes a la concentración de micro nutrientes en siete variedades de durazno cultivados en Chihuahua. El contenido nutrimental de la variedad Carnival F102 tiene las más altas concentraciones para Cu, Fe, Mn y Fe en comparación a las demás variedades. En trabajos anteriores se menciona que la concentración de Fe en las flores generalmente está relacionada con la concentración de clorofila (Abadía et al., 2001).

Cuadro 4. Medias de la variable referente a la concentración de micronutrientes en los pétalos de flores de durazno. Sacramento, Chihuahua. 2010.

Variedades de durazno	Cu	Fe	Mn	Zn
Arkansas F106	21.00ab	112.00a	19.50a	35.00ab
Baby G8 F81	7.50c	57.50c	12.50b	22.00c
Catherine F103	13.00ab	98.00b	19.50a	27.00c
Baby G5 F127	19.50ab	122.50a	19.50a	33.50
Autum L F73	10.50b	66.50bc	14.50b	30.00ab
Carnival F102	46.00a	139.00a	22.50a	42.50a
Fartime F97	11.00bc	83.50b	17.50ab	25.50c

Las letras (a, b, c...) indican la diferencia de medias por el test LSD al 95 %

Conclusiones

El estado nutrimental foliar del durazno para las variedades Baby Gold 8, Auttumn Lady, Catherin, Fairtime y Carnnaval, Baby Gold 5 y Arkansas fue semejante a los valores reportados anteriormente por otros autores, se detectaron valores por abajo del nivel d suficiencia para N y Zn. En el análisis foliar la variedad Carnival F102 tiene las más altas concentraciones para K, Ca, Mg, N, Cu, Fe, Mn y Fe en comparación a las demás variedades. El análisis nutricional de flores (pétalos) podría ser utilizado como un indicador del estado nutricional en árboles de durazno.

Agradecimiento

Este trabajo forma parte del proyecto: DIAGNOSTICO Y RECOMENDACIÓN NUTRICIONAL, DE RIEGO Y ENFERMEDADES PARA EL DURAZNO EN EL NOROESTE DE CHIHUAHUA CHIH-2009-CO2-127387. Apoyado por Fondo Mixto CONACYT Gobierno del Estado de Chihuahua.

Literatura citada

- Abadía, J., M. Tagliavini, R. Grasa, A. A. Belkhdhoja, M. Sanz, F. Araujo, C. Tsipouridis and B. Marangonni. 2002. Using the flower Fe concentration for estimating chlorosis status in fruit tree orchards: A summary report. *Journal Plant Nutrition*. 23: 2023-2033.
- Ballinger, W.E., H.K. Bell and N.F. Childers. 1966. Peach nutrition. *In: Childers, N.F. (ed.). Nutrition of fruit crops temperate, sub-tropical, tropical*. pp. 276-390
- Cadahia, C. 2005. *Fertirrigación, Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales*. 3ª edición. Ediciones Mundi-prensa, España.
- Guerrero-Acosta, R., J. Avelar-Mejía, A. Lara-Herrera, A. Rumayor-Rodríguez, J. Llamas-Llamas, y J. Hernández-Martínez. 2005. Comparación preliminar de dos métodos de diagnóstico nutrimental en durazno, en Zacatecas, México. *Terra Latinoamericana*. 23: 563-569.
- Johnson, R.S. 1993. Stone fruit: peaches and nectarines. *In: Bennet, W.F. (ed.). Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*. American Phytopathological Society.
- Jones, J.B., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing. Athens, GA.
- Leyva, V.V. 2000. *Elaboración del manual de prácticas de laboratorio de análisis químico bromatológicos*, Tesis de Lic. En la Facultad de Ciencias Químicas de la U.A.C.H. México.
- Martinus, N. 1983. Carbonic anhydrase activity as an indicator of zinc deficiency in pecan leaves. *Plant and Soil* 74: 287-289.
- SAGARPA 2008. Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Crecimiento en producción de nuez, favorece exportación a Norteamérica. NUM. 074/06. (www.sagarpa.gob.mx).
- SIAP 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Fecha de consulta 13 de Agosto de 2010. (<http://www.siap.gob>).
- Tarango, S.H., V.G. Nevárez Morillón, and E. Orrantia Borunda. 2009. Growth, yield, and nutrient status of pecans fertilized with biosolids and inoculated with rizosphere fungi. *Bioresource Technology* 100:1992-1998.
- Westwood, N.M. 1982. *Fruticultura de zonas templadas*. Mundi-Prensa. Madrid, España.

CRECIMIENTO Y CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES BAJO CONDICIONES DE DEFICIENCIA DE ZINC EN NOGAL PECANERO

Ojeda-Barrios Dámaris Leopoldina¹, Martínez Téllez Jaime¹, Ruiz-Anchondo Teresita¹, Hernández-Rodríguez Adriana¹, Esteban Sánchez Chávez, Balandrán-Valladares Martha²

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Email: dojeda@uach.mx. ²Maestría en Ciencias de la productividad Frutícola. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.

Resumen

La deficiencia de zinc (Zn) es un desorden nutricional que se observa en nogal pecanero (*Carya illinoensis* Wangenh. C. Koch) que limita fuertemente la productividad del cultivo. Los síntomas de deficiencia causan necrosis en hojas y muerte progresiva de los brotes apicales. Se evaluó la respuesta de plántulas de nogal pecanero bajo condiciones de campo a diferentes concentraciones de Zn con el propósito de inducir deficiencia. Los desórdenes nutricionales fueron evaluados durante 284 días a partir de la germinación de las nueces (DDG), para lo cual se utilizó la solución nutritiva de Hoagland y Arnon. Los tratamientos fueron 0.00, 0.025 mg kg⁻¹, 0.050 mg kg⁻¹, 0.10 mg kg⁻¹ y 0.20 mg kg⁻¹ de Zn evaluando respuesta en crecimiento, análisis foliar, clorofila (unidades Spad y mg·l⁻¹) y área foliar. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones, estableciendo cada árbol como unidad experimental. Con la ausencia de Zn se observó un decremento del 66% en la concentración foliar de Zn (19 µg g⁻¹ PS), disminución de las siguientes variables: contenido de clorofila foliar 43%, altura 21.4%, diámetro del tallo 15%, biomasa de raíz en peso fresco 5.8% y en peso constante de 5.7%, en biomasa de tallo en peso fresco 4.9% y en peso constante 5.2%, área foliar 43% y un aumento de 48% de hojas necróticas.

Palabras clave adicionales: *Carya illinoensis*, clorofila, área foliar, biomasa.

Abstract

Zinc deficiency (Zn) is a nutritional disorder seen in pecan (*Carya illinoensis* Wangenh. C. Koch) that severely limits crop productivity. Symptoms of deficiency in rosette leaves and cause dieback of apical buds. This study evaluated the response of pecan seedlings under field conditions at different concentrations of Zn with the aim of inducing deficiency. Nutritional disorders were assessed during 284 days from germination of nuts, which was used for nutrient solution of Hoagland and Arnon. The treatments were 0.00, 0.025 mg kg⁻¹, 0.050 mg kg⁻¹, 0.100 mg kg⁻¹ and 0.200 mg Zn kg⁻¹ response in assessing growth, Zn uptake, foliar concentration nutrients, chlorophyll (SPAD units and mg·l⁻¹), leaf area. The experimental design was completely randomized design with five replicates each, setting each tree as the experimental unit. With a decrease of 66% in the foliar concentration of Zn (19 µg g⁻¹ PS) were observed severe symptoms of Zn deficiency, and decreased the following variables: leaf chlorophyll content of 43%, up 21.4%, diameter 15% stem, root biomass of 5.8% in fresh weight and constant weight of 5.7% in biomass of stem fresh weight 4.9% and 5.2% constant weight, leaf area 43% and an increase of 48% leaves necrotic.

Additional key words: *Carya illinoensis*, chlorophyll, leaf area, biomass.

Introducción

El Zinc (Zn) es uno de los nutrientes que más atención a recibido en los programas de manejo e investigación en el cultivo de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]; debido a los requerimientos del árbol y su indisponibilidad en el suelo en suelos calcáreos (Ojeda *et al.*, 2009; Tarango, 1992). De acuerdo a las necesidades de Zn que tiene este árbol, lo ubica como uno de los nutrientes más requeridos por el nogal, la deficiencia de Zn produce clorosis intervenales, la disminución del crecimiento de las hojas y el acortamiento en la longitud de los entrenudos, especialmente en especies leñosas. El Zn no tiene actividad redox pero participa en la estructura y/o catálisis de muchos procesos al menos en ochenta sistemas enzimáticos, por ejemplo, la NADH-deshidrogenasa, la alcohol-deshidrogenasa, y las

cinco anhidrasas carbónicas, descritas hasta el momento; junto con el Cobre (Cu), constituye algunos tipos de superóxido dismutasas (SOD) (Hu y Sparks, 1991; Marschner, 1995). El total del Zn contenido en el suelo generalmente está en un rango de 10 a 300 ppm. De acuerdo con el origen del mismo depende la presencia del elemento, ya que, en aquellos procedentes de rocas ígneas presentan altas concentraciones y los de material madre con más silicio tienen un contenido bajo de Zn. El 95% del total de Zn es movido por difusión, y los factores limitantes de las raíces pueden también reducir su disponibilidad. Esta es la razón más importante del por qué las deficiencias a menudo ocurren en suelos compactados o donde el crecimiento de raíz es restringida, así como en suelos calcáreos con pH alto. La disponibilidad es reducida por inundación debido a la formación de sulfitos y carbonatos bajo condiciones de anaerobiosis (Meraz *et al.*, 2001; Moreno *et al.*, 1986). Kim *et al.*, (2000) en dos variedades de nogal pecanero Stuart y Curtis comparó la respuesta al crecimiento, absorción de Zn y concentración de nutrientes bajo diferentes dosis de Zn, en donde los síntomas de deficiencia se observaron después de seis semanas, como manchas intervenales, seguido por clorosis, necrosis y ondulado, y el acortamiento de entrenudos conocido como roseta. El cultivar Stuart es más sensible a la deficiencia de Zn. Caracterizan por, limitándose a las hojas más jóvenes. El suministro de Zn tuvo efectos diferentes entre los tratamientos. Las plántulas expuestas a menor concentración de Zn vs: las de mayor exposición mostraron un menor crecimiento, pérdida de clorofila, daño en raíz y tallo (histología), así como aumento en el marchitamiento. El suministro de zinc tuvo un efecto diferencial sobre la concentración foliar de Zn y otros nutrientes, incrementando la concentración de fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y cobre (Cu). El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el crecimiento y concentración foliar de nutrientes bajo condiciones de deficiencia de zinc en nogal pecanero.

Materiales y Métodos

Localización del estudio. Se realizó en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. La siembra de *Carya illinoensis* Wangenh K. Koch fue en una caja de germinación en invernadero después de la *escarificación* de la semilla en agua por 4 días, procediendo a la siembra el día 12 de febrero de 2008, germinando a los 55 días, se trasplantaron en bolsas de polietileno de 20 x 80 cm⁻¹ a los 17 días después de germinación (DDG). La textura del sustrato fue arenosa con un pH de 8.41, con una cantidad de materia orgánica de 1.09% que es medianamente bajo, con una cantidad de CaCO₃ de 10.84% que se clasifica en medio, las concentraciones reportadas para Ca de 2865.5 ppm, Mg de 156.75 ppm, Na de 184 ppm, K de 188 ppm, Fe de 5.42 ppm, Mn de 26.54 ppm, Cu de 0.84 ppm y de Zn 0.48 ppm que se encuentra como deficiente.

Solución nutritiva. Se utilizó la de Hoagland y Arnon de 1938 mencionada por Carrasco e Izquierdo (1996), además de Kim y Wetzstein (2003). Conforme a la naturaleza del experimento se manipuló la concentración de Zn por tratamiento 0.0, 0.025 mg kg⁻¹, 0.050 mg kg⁻¹, 0.10 mg kg⁻¹, 0.20 mg kg⁻¹, aplicando un litro por planta.

Análisis foliar. Se tomaron muestras foliares de las 25 plántulas tratadas a los 284 DDG (Schroeder *et al.*, 2004). **Mediciones:** **a) altura, diámetro y largo de hoja.** Se efectuaron cinco mediciones siendo la primera a los 167, 185, 214, 267 y 284 DDG. Las mediciones se realizaron en altura, diámetro y largo de hoja, antes de la defoliación el día 12 de Noviembre del mismo año a los 284 DDG. **b) área foliar y biomasa de tallo y raíz.** Para la medición de biomasa en tallos y raíces se seleccionaron plantas de 458 DDG el 5 de Mayo de 2009 (Páez *et al.*, 2000; Novoa y Villagrán, 2002). **c) clorofila con SPAD y metanol.** Se determinó el contenido de clorofila en las hojas con ayuda del clorofilómetro (Minolta SPAD) midiéndolo a los 167, 185, 214, 267 y 284 DDG, (Krugh *et al.*, 1994; Rodríguez *et al.*, 1998; Fernández *et al.*, 2006; Fisher, 1991). **d) análisis foliar.** Se tomaron muestras foliares de las 25 plántulas tratadas a los 284 DDG (Schroeder *et al.*, 2004).

Diseño experimental. Completamente al azar, con 5 tratamientos y 3 repeticiones, las variables obtenidas fueron de 5 muestreos, se examinaron por ANOVA con comparación de medias de Duncan en el programa SAS.

Resultados y Discusión

Spark y Payne, (1982) al relacionar la sintomatología de deficiencia con la concentración de Zn en hojas de nogal pecanero, encontraron que con cantidades menores de 46 mg kg^{-1} de Zn, el grado de deficiencia era mayor. Medina (2002) estableció que el nivel de Zn en suficiencia varía entre 57 y 73 mg kg^{-1} para nogales, cultivados en suelos alcalinos de la región del norte de México, por su parte Meraz, (2001) genero los estándares nutricionales para el sur de Chihuahua, México relacionando la sintomatología con la concentración de Zn, encuentra que valores de 20 a 40 mg kg^{-1} corresponde a deficientes y valores superiores de 60 y 100 mg kg^{-1} normales, alto de 71 a 214 mg kg^{-1} y excesivo 334 mg kg^{-1} . Resultados similares fueron reportados por Favela et al., (2000) y Ojeda et al., (2009) quienes mencionaron que la sintomatología visual para la deficiencia de Zn, coincidió con los niveles de concentración de Zn en las hojas (20 mg kg^{-1} de Zn) cultivados en suelos calcáreos. En esta investigación suministramos diferentes concentraciones de Zn encontrando que el T1= 19.83 mg kg^{-1} mostro síntomas de deficiencia de Zn más severos seguido de T2= 23.33 mg kg^{-1} , T3= 32.00 mg kg^{-1} , T4= 42.00 mg kg^{-1} y T5= 57.83 mg kg^{-1} (Cuadro 1). Sparks (1993) relaciona el crecimiento de la planta, con la concentración foliar de Zn. Las hojas que presentaron síntomas de deficiencias fueron inferiores a 48, 49 y 50 mg kg^{-1} . En base a esto estableció el índice de concentración de Zn en hoja para nogal pecanero en un huerto en aproximadamente 50 mg kg^{-1} . También refirió que una concentración que va desde 200 a 250 mg kg^{-1} de Zn en hojas no es toxico debido a que no afecta crecimiento vegetativo y rendimiento. Coincide con los datos obtenidos en la regresión lineal efectuada donde $r^2=0.961$, indicando que a menor concentración foliar de Zn, la altura de la plantas es afectada con un menor crecimiento, sin embargo cuando la concentración aumento, la altura es mayor entre los tratamientos, esto se ve reflejado en el T5 que fue el de mayor altura con 25.58 cm^{-1} con una concentración de Zn de 57.83 mg kg^{-1} en contraste con T1 situado en condiciones de deficiencia con 19.83 mg kg^{-1} y una altura de 20.11 cm^{-1} . Encontramos que a menor concentración de Zn T1 decrecen el contenido de clorofila foliar, altura de la planta, diámetro del tallo, biomasa de raíz en peso fresco y en peso constante, en biomasa de tallo en peso fresco y en peso constante, área foliar y un aumento de necrosis foliar (Sparks, 1993 y Kim et al., 2000; Kim et al., 2004). El área foliar mostro un deterioro del 43% en condiciones de deficiencia a 19.83 mg kg^{-1} (Cuadro 1.). Para una mejor interpretación de los resultados de clorofila Ojeda et al., (2009) realizó la correlación entre unidades SPAD de lectura y el contenido realizado a través de la metodología de metanol, la cual obtuvo una $R^2=0.9032$ que indicó en términos cuantitativos el contenido de clorofila presente en los folíolos de nogal. La media encontrada fue 39.445 unidades SPAD, que es equivalente a 43 mg l^{-1} de clorofila extractable, que concuerda con valores de deficiencia de Zn encontrados en el contenido foliar, por debajo de 20 mg kg^{-1} y la sintomatología observada de clorosis en el campo, lo que indica que los valores obtenidos están relacionados a la concentración foliar de Zn y la sintomatología de deficiencia presentada en campo, de acuerdo con Lombardini (2004). Del mismo modo se encontró que la media estimada para clorofila fue de 42.8 unidades SPAD, mientras que en clorofila extraíble se situó en 27 mg l^{-1} a un nivel de concentración de Zn de 19.83 mg kg^{-1} (Cuadro 1), con una correlación $r^2=0.924$. Kim *et al.*, (2003) y Hu y Sparks (1991) comentan que cuando la deficiencia de zinc está presente en el árbol la síntesis de clorofila se ve afectada de igual modo que cuando existe toxicidad. Sagardoy *et al.*, (2008) mencionó que cuando la concentración de Zn es toxica, se afecta el contenido de clorofila. Según el modelo de regresión efectuado encontramos que la deficiencia afecta la concentración de clorofila según la correlación e con una $r^2=0.948$. Con lo anterior interpretamos que a mayor deficiencia la concentración de clorofila disminuirá. El T5 obtuvo la mayor concentración de clorofila, y su rango de concentración foliar lo ubica en normal (57.83 mg kg^{-1}), sin llegar a la toxicidad.

Cuadro 1. Variables de respuesta de la planta respecto a la concentración foliar de Zinc: altura de la planta, área foliar, porcentaje de marchitamiento y clorofila.**

TRATAMIENTO		VARIABLES			CLOROFILA	
ZINC mg·kg ⁻¹	ZINC ^z mg·kg ⁻¹	ALTURA cm ⁻¹	ÁREA FOLIAR cm ²	SPAD	METANOL ml ⁻¹	% DE MARCHITAMIENTO
1 T ₁ 0.0	19.83 D	20.11 D	10.2 B	42.8 BC	27.0 C	86
2 T ₂ 0.025	23.33 D	22.31 C	13.0 B	46.0 BC	34.7 BC	72
3 T ₃ 0.050	32.00 C	23.44 B	16.2 B	42.1 B	34.9 BC	62
4 T ₄ 0.10	42.00 B	24.55 AB	21.3 AB	48.0 AB	38.7 AB	56
5 T ₅ 0.20	57.83 A	25.58 A	23.8 A	48.5 A	47.3 A	38

z Promedio de 30 folíolos por tratamiento. Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba Duncan con $p=0.05$.

Conclusiones

El presente trabajo concluye que con una concentración foliar de Zn ($19 \mu\text{g g}^{-1}$ PS) que corresponde a T₁ se observaron síntomas severos de deficiencia de Zn, disminución de las siguientes variables: contenido de clorofila foliar 43%, altura 21.4%, diámetro del tallo 15%, biomasa de raíz en peso fresco 5.8% y en peso constante de 5.7%, en biomasa de tallo en peso fresco 4.9% y en peso constante 5.2%, área foliar 43% y un aumento de 48% de hojas necróticas.

Agradecimiento

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la Beca otorgada para realizar estudios de maestría de Martha Balandrán-Valladares.

Literatura Citada

- Carrasco, G. E. y J. Izquierdo. 1996. Manual Técnico La empresa hidropónica de mediana escala: La técnica de la solución nutritiva Recirculante ("nft"). Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Universidad de Talca.
- Favela, E., J. Cortés, G. Alcántar, J. Etchevers, A. Baca y J. Rodríguez. 2000. Aspersiones foliares de zinc en nogal pecanero en suelos alcalinos. *Terra* 18: 239-245.
- Fernández, V., V. Del Río, J. Abadía y A. Aabadía. 2006. Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch.): effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant Soil* 289: 239-252.
- Fisher H., J. y F. L. Hart. 1991. *Análisis Moderno de los Alimentos*. Ed. Acribia. Madrid, España
- Hu, H. and D. Sparks. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas exchange in *Stuart* pecan *HortScience* 26:267-268.
- Kim, D., J. L. Gustin, B. Lahner, M. W. Persans, D. Baek, D. J. Yun and D. E. Salt. 2004. The plant CDF family member TgMTP1 from the Ni/Zn hyperaccumulator *Thlaspi goesingense* acts to enhance efflux of Zn at the plasma membrane when expressed in *Saccharomyces cerevisiae*. *The Plant Journal*, 39: 237–251.
- Kim, T., H. Mills and H. Wefzstein. 2000. Studies on the effect of zinc supply on growth and nutrient uptake in pecan. *Journal of plant nutrition*. 25 (9): 1987-2000.
- Kim, T, H. Mills and H. Wefzstein. 2003. Cytological and ultrastructural evaluations of Zinc deficiency in leaves. *HortScience* 128(2):171-175.
- Krugh, B.L., M. Bichham and D. Miles. 1994. The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. *Maize genetics Cooperation News Letter* 68: 25-27.

- Lombardini, L. 2004. Aplicación nitrogenada y oportuna en nogal. Nogatéc 2004. Torreón, Coahuila. México.
- Medina, M. 2002. Desbalance nutrimental y respuesta en rendimiento en experimentos de fertilización en nogal pecanero. Terra 20: 497-504.
- Meraz, A., J. M. Soto, X. Uvalle, R. M. Yáñez, E. Sánchez y L. Romero. 2001. Generación de estándares nutricionales foliares en nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch) _Western_ mediante Diagnostico Diferencial Integrado (DDI). Granada España.
- Moreno, A., E. Narro, L. Flores y R. Garza. 1986. Fertilización extra edáfica como una alternativa para proporcionar zinc al cultivo de nogal en la Comarca Lagunera. Agraria, revista Científica UAAAN. 2(1):112-129.
- Novoa, R. y N. A. Vollafran. 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. Agricultura Técnica. 62(1): 166-171
- Ojeda-Barrios, D. L., O. A. Hernández-Rodríguez, J. Martínez-Téllez, A. Núñez-Barrios y E. Perea-Portillos. 2009. Aplicación foliar de quelato de zinc en nogal pecanero. Revista Chapingo serie especial Horticultura. 15(2): 205-210.
- Páez, A, V. Paz y J. C. López. 2000. Crecimiento y respuestas fisiológicas de plantas de tomate cv. Río Grande en la época mayo-julio. Efecto del sombreado. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 17: 173-184.
- Rodríguez, M., G. Alcantar, A. Aguilar, J. Etchevers y J. Santizó. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. Terra Latinoamericana 16(2):135-141.
- Schroeder, A., E. López y C. Martínez. 2004. Resultados preliminares del análisis foliar de *Lippia alba* (Mill.) N.E. Brown, *Pluchea sagittalis* (Lamb) Cab., *Petiveria alliacea* L. y *Ocimum selloi* Benth. Fac. de Ciencias Agrarias U.N.N.E. Resumen: A-035
- Sparks, D. 1993. Leaf Levels of Zinc Required for Maximum Nut Yield and Vegetative Growth in Pecan HortScience. 28:1100-1102.
- Sparks, D. y J. A. Payne. 1982. Zinc concentration in pecan leaflets associated with zinc deficiency symptoms. HortScience 17:670-671.
- Tarango, S. H. 1992. Fertilización del nogal. Nutrición y productividad; Chihuahua México; Departamento editorial Universidad Autónoma de Chihuahua.

CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS, AZUCARES REDUCTORES Y EXTRACCIÓN DE NUTRIMENTOS DE LA PLANTA DE AGAVE DESARROLLADA CON FERTIGACIÓN EN TAMAULIPAS

Zúñiga Estrada Lamberto¹, Rosales Robles Enrique¹, María de Jesús Yáñez Morales² Cuauhtémoc Jackes Hernández³

¹Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias. E-mail: zuniga.lamberto@inifap.gob.mx.

²Colegio de Postgraduados y ³IPN-Centro de Biotecnología Genómica- Reynosa

Resumen

En mayo del 2004, se inició un estudio con la planta de agave, con el objetivo de evaluar su desarrollo y la demanda nutrimental bajo las condiciones edafo-climáticas del sur de Tamaulipas. El estudio consistió en establecer el cultivo en diez condiciones de fertilización de base, nueve tratamientos se originaron al combinar tres niveles de P (0, 150 y 300 kg ha⁻¹) y tres niveles de K (0, 250 y 500 kg ha⁻¹), como fuente de P se utilizó el monofosfato de amonio (11-52-00) y para K, el Nitrato de Potasio (13-00-44), las plantas desarrolladas en estos tratamientos recibieron fertilización mediante el sistema de riego por goteo dos veces por semana; mientras que aquellas desarrolladas en el décimo tratamiento o Testigo Absoluto (TA) no recibieron agua de riego así como tampoco recibieron fertilización de base; cada tratamiento se estableció en tres repeticiones. La evaluación consistió en determinar altura y diámetro de la planta, número de hojas, peso húmedo y seco de hojas, piña, hijuelos, raíces y cogollo, concentración de N, P, K, Ca y Mg en la materia seca de los órganos de la planta. Además en la piña se determinó su diámetro y la concentración de azúcares reductores (Fructuosa y Glucosa). Se realizaron análisis de varianza a los valores de las características evaluadas, utilizándose un diseño completamente al azar con tres repeticiones; los valores medios se compararon mediante la prueba de Tukey (≤ 0.05). Las plantas desarrolladas con la tecnología tradicional, bajo condiciones de temporal y sin fertilizante presentaron 129 cm de altura, 43 hojas, y una piña de 14.1 kg con 1.9 kg de azúcares reductores; mientras que las plantas que recibieron fertilización de base y en el sistema de riego, presentaron mayor crecimiento. La piña de estas plantas alcanzaron en promedio 63 kg de peso y con 12 kg de azúcares reductores. Las plantas desarrolladas con fertilización de base y en el sistema de riego acumularon en promedio 223 g de N, 66 g de P y 244 g de K, 804 g de Ca y 61 g de Mg, cantidades que superaron significativamente la extracción de nutrimentos registrados en la MS de las plantas del TA y que representan una extracción total por hectárea de 737, 219, 805, 2652, 200 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

Palabras clave: *Agave, nutrimentos, fertigación, azúcares reductores.*

Abstract

In May 2004, a study of the agave plant was initiated, in order to evaluate their development and nutrient demand under the soil and climate conditions in southern Tamaulipas, the objective was to establish the crop in ten fertilization base conditions, nine treatments originated by combining three levels of P (0, 150 and 300 kg ha⁻¹) and three levels of K (0, 250 and 500 kg ha⁻¹) as a source of P was used ammonium monophosphate (11-52-00) and K, potassium nitrate (13-00-44), these treatments received fertilizer through the drip irrigation system twice a week, the tenth treatment plants or control (TA) did not receive base fertilization, each treatment was established in three replications. The evaluation was to determine height and plant diameter, number of leaves, wet and dry weight of leaves, hearts, shoots, roots and buds, the concentration of N, P, K, Ca and Mg in the dry matter organs of the plant. Also in the hearts diameter was determined and the concentration of reducing sugars (fructose and glucose). Analysis of variance were used on the values of the characteristics evaluated, using a completely randomized design with three replicates and mean values were compared using the Tukey test (≤ 0.05). Plants grown with traditional technology, under conditions and without irrigation had 129 cm high, 43 leaves, and a hearts from 14.1 kg to 1.9 kg of reducing sugars, while the plants were fertilized and the system base irrigation had higher growth. The hearts reached the average weight 63 kg and 12 kg of reducing sugars. Plants grown with fertilizer based and the irrigation system on average 223 g of N, P and 66 g K, 244 g, 804 g Ca and 61 g of Mg, quantities that significantly exceed the recorded nutrient extraction in the MS of the TA plants and represent a total removal of 737 ha, 219, 805, 2652, 200 kg ha⁻¹ of N, P, K, Ca and Mg, respectively.

Key words: *Agave, Dry Matter, Nitrogen, Phosphorus and Potassium*

Introducción

El agave, *Agave azul tequilana* Weber, es una especie originaria de México que se utiliza para elaborar tequila, mieles, dulces, materiales de fibras, usos medicinales, concentrados debido al alto contenido de fructuosa etc. (3): Para la producción del tequila se puede establecer en tres millones de hectáreas con certificado de Denominación de Origen Tequila (DOT), superficie que comprende todo el estado de Jalisco y parte de los estados de Guanajuato, Nayarit, Michoacán y Tamaulipas. En la superficie con DOT, en 1999 se cosecharon 659 mil toneladas de piña; al siguiente año el volumen de piña cosechado disminuyó, debido a problemas fitosanitarios, heladas y una menor superficie cosechada. Esta disminución de materia prima para la industria, incrementó su demanda y el precio por kilogramo de piña de \$1.0 hasta \$14.00 pesos. El aumento en el precio estimuló el establecimiento de agave en 11 municipios del sur de Tamaulipas, iniciando con 500 hectáreas en el año 2000, superficie que se incrementó en años posteriores; actualmente en Tamaulipas se ha establecido con agave una superficie estimada de 14 mil hectáreas, 28 % de la superficie sembrada en esta región es de riego (1).

Las siembras de agave comerciales se realizaron en Tamaulipas con plántulas y tecnología proveniente del estado de Jalisco. Estudios preliminares en siembras comerciales de agave han reportado la presencia de enfermedades (marchitez bacteriana *Erwinia sp* y la pudrición de raíz *Fusarium oxysporum*), y plagas como la langosta y coleópteros causando daños en la planta (4); algunos de los organismos fueron introducidos con las plantas que ingresaron al estado sin control fitosanitario y pueden ser potencialmente más agresivos en las condiciones edafo-climáticas de la región sur del estado. Por tal razón, en Tamaulipas se iniciaron las actividades para conocer y caracterizar el desarrollo de la planta de agave bajo las condiciones edafo climáticas del estado y la cuantificación de la demanda nutricional de la planta de agave.

Materiales y Métodos

En mayo del 2004 se inició un estudio que consistió en establecer el cultivo de agave en diez tratamientos de fertilización de base, nueve se originaron al combinar tres niveles de P (0, 150 y 300 kg ha⁻¹) y tres niveles de K (0, 250 y 500 kg ha⁻¹), como fuente de P se utilizó el monofosfato de amonio (11-52-00) y para K, el Nitrato de Potasio (13-00-44); adicionalmente se aportó una tonelada de fertilizante órgano-mineral® enriquecido con 5 kg ha⁻¹ de sulfato de Magnesio (Mg), Hierro (Fe) y Zinc (Zn). A partir de marzo del 2005, las plantas de los tratamientos recibieron fertilización de base, recibieron también fertilizante mediante el sistema de riego dos veces por semana. En el décimo tratamiento o Testigo Absoluto (TA), las plantas no recibieron fertilización base y se desarrollaron en condiciones de temporal. Cada tratamiento se estableció en tres repeticiones.

La unidad experimental se formó de 6 hileras de plantas de agave, la separación entre hileras fue de 3 m y de 1.50 m entre plantas, estableciéndose 16 plantas por hilera y un total de 96 plantas por unidad experimental de 405 m². Se han realizado en la planta ocho muestreos destructivos (septiembre 2004, febrero del 2005 y octubre del 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 y 2010), en cada uno de estos muestreos se han evaluado las características agronómicas; altura y diámetro de planta, número de hojas, peso de piña y azúcares reductores (Fructuosa y Glucosas por HPLC). De igual forma se evalúa el peso húmedo y la materia seca (MS) de hojas, piña, hijuelos, raíces y cogollo; determinándose la concentración de N, P, K, Ca y Mg, en la MS de cada órgano. La MS se molió en un molino tipo Willey malla 60 y posteriormente se determinó la concentración de nutrimentos, realizándose mediante digestión húmeda con H₂SO₄, HNO₃ y HClO₄ la mineralización de las muestras vegetales para determinar P, K. Para la cuantificación se utilizó un espectrofotómetro de emisión (ICP-AES Plasma 96 VARIAN). La determinación de N se realizó por el método Micro-kjeldhal, (1). Se realizaron análisis de varianza a los valores determinados en las características agronómicas así como la producción de MS, la concentración y extracción de nutrimentos registrados en la última evaluación, utilizándose un diseño completamente al azar con tres repeticiones y los valores medios se compararon mediante la prueba de Tukey (≤ 0.05).

Resultados y Discusión

Las plantas de agave se desarrollaron en campo por un periodo de 77 meses, desde su establecimiento hasta la última evaluación recibieron 6141 mm de precipitación; adicional al agua de lluvia las plantas desarrolladas en las nueve condiciones de fertilización de base en 350 eventos de riego recibieron 3 960.8 L de agua por planta y un aporte de 318.7 g de N; 76 g de P; 293.3 g de K; 81 g de Ca y 54.1 g de Mg. La aplicación del agua y el fertilizante mediante el sistema de riego originó que las características de altura de planta, número de hojas, peso de planta fueran superiores ($P \leq 0.05$), que estas mismas características determinadas en plantas desarrolladas en el testigo absoluto (TA), Cuadro 1.

Cuadro 1. Características agronómicas y de calidad de la piña, registradas en la planta de agave desarrollada en 77 meses bajo diferentes condiciones de fertilización.

FERTILIZACION DE BASE			Altura de planta ---cm---	Numero de Hojas	Peso Planta ----- kg planta ⁻¹ -----	Peso Piña	°Brix	Azucares reductores Kg piña ⁻¹
N	P	K						
00	00	00	156.0 a*	131 a	154.9 a	66.1 a	28.2	11.5 a
89	00	250	150.0 ab	124 a	182.0 a	76.0 a	28.0	13.2 a
179	00	500	148.7 ab	110 a	146.3 a	63.8 a	23.6	9.4 a
73	150	00	151.7 a	132 a	166.9 a	73.1 a	28.6	12.9 a
162	150	250	152.7 a	129 a	171.7 a	76.4 a	26.2	12.4 a
251	150	500	146.3 ab	121 a	181.2 a	68.0 a	28.9	12.1 a
145	300	00	151.7 a	107 a	143.2 a	68.4 a	25.9	10.9 a
235	300	250	149.7 ab	130 a	166.1 a	72.1 a	26.3	11.8 a
324	300	500	144.3 ab	136 a	161.4 a	69.7 a	27.2	11.9 a
Testigo Absoluto			129.0 b	43 b	39.2 b	14.1 b	20.5	1.9 b
†DSH			21.3	47	69.9	32.4	9.1	6.2

*Valores con diferente letra en la misma columna son diferentes (Tukey $P \leq 0.05$). †Diferencia Significativa Honesta (Tukey $P \leq 0.05$)

Las plantas desarrolladas con fertirrigación y fertilización de base produjeron en promedio piñas con 62.7 kg de peso, con el peso de estas piñas estableciendo una densidad de 3300 plantas ha⁻¹ se estimó un rendimiento de 207 t ha⁻¹, mientras que el peso de la piña obtenida con la tecnología tradicional (temporal y sin fertilizante) permite estimar un rendimiento de 46.5 t ha⁻¹.

Además del peso de la piña, la aplicación de fertilizantes también incrementó la cantidad de azúcar; en piñas de plantas del TA se determinaron 1.9 kg de azúcares reductores (Fructuosa y Glucosa), esta cantidad fue superada 6.5 veces por los azúcares reductores determinados en las piñas de mayor peso y que se obtuvieron en plantas desarrolladas con 00-150-250 de fertilización de base y a través de la técnica de fertirrigación. No obstante que los valores de sólidos totales determinados (°Brix) fueron bajos en las piñas de plantas del TA en relación a los valores determinados en piñas de plantas desarrolladas con fertirrigación, sin embargo las diferencias no fueron significativas ($P \leq 0.05$).

Las plantas que produjeron las piñas de mayor peso, acumularon también la mayor cantidad de MS y de nutrientes, Cuadro 2. Sin embargo, es importante mencionar que la planta de agave independientemente de la condición en la que se desarrolló extrajo en la materia seca mayor cantidad de calcio y en orden descendente le siguieron potasio, nitrógeno, fósforo y magnesio.

Por otra parte, la cantidad de nutrientes acumulados en la MS a los 77 meses de trasplante en plantas que se desarrollaron con fertilización de base y fertirrigación presentó una relación de 1.0:0.3:1.1:3.6:0.3 para N:P:K:Ca:Mg, mientras que la relación de extracción de nutrientes en la MS de la planta del TA fue de 1.0:0.4:2.1:6.8:0.4.

Cuadro 2.- Materia seca y extracción de nutrimentos de la planta de *Agave tequilana* Weber desarrollada en 77 meses bajo diferentes condiciones de fertilización.

TRATAMIENTO	Peso seco	Nitrógeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio
	Kg planta ⁻¹	g planta ⁻¹				
TESTIGO ABSOLUTO	9.0 b*	44.8 b	18.4 b	92.6	303.3 b	15.8 b
00-00-00 Con Fertirriego	39.7 a	223.9 a	72.2 a	232.9	942.7 a	66.5 ab
162-150- 250 Con Fertirriego	44.2 a	271.8 a	80.6 a	279.4	990.8 a	70.7 a
†DSH	15.1	157.5	55.2	288.1	525.2	55.1

*Valores con diferente letra en la misma columna son diferentes (Tukey $P \leq 0.05$). †Diferencia Significativa Honesta (Tukey $P \leq 0.05$)

Las plantas desarrolladas con fertilización de base y en el sistema de riego acumularon en promedio 223 g de N, 66 g de P y 244 g de K, 804 g de Ca y 61 g de Mg, cantidades que superaron significativamente la extracción de nutrimentos registrados en la MS de las plantas del TA y que representan una extracción total por hectárea de 737, 219, 805, 2652, 200 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

Conclusiones

El aporte de fertilizantes al suelo y en el sistema de riego por goteo, incrementó las características agronómicas de la planta de agave; específicamente, el peso de la piña y la cantidad de azúcares reductores determinados en la piña de plantas desarrolladas con la técnica de fertirriego y que recibieron 162-150-250 de fertilización de base, superaron 5.4 y 6.5 veces, respectivamente, los valores determinados en esta característica, en plantas desarrolladas con la tecnología tradicional.

Las plantas que recibieron fertilización de base y en el sistema de riego durante todo su desarrollo, acumularon en la materia seca un promedio 223 g de N, 66 g de P y 244 g de K, 804 g de Ca y 61 g de Mg.

Literatura Citada

- Alcántar G. G. y M Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, Edo. De México. Pp 37-59.
- Gobierno de Tamaulipas. Secretaría de Desarrollo Rural. 2006. EL AGAVE TEQUILA WEBER EN TAMAULIPAS, —SITUACIÓN ACTUAL—. Subsecretaría de Planeación y Desarrollo Rural.
- Gobierno de Tamaulipas. Secretaría de Desarrollo Rural. 2004. Diagnóstico y Plan de Acción del Sistema Producto Agave tequilero. Comité estatal del sistema producto agave en Tamaulipas. 52 p.
- Mercado H.L.M. y Barrientos L.L. 2003. Principales problemas fitosanitarios del agave en el sur de Tamaulipas. Libro de Resúmenes del XV Encuentro de Investigación Científica y Tecnológica del Golfo de México. Altamira, Tamaulipas.

MODELO DE DESARROLLO FENOLÓGICO PARA VARIEDADES DE TRIGO DEL NOROESTE DE MEXICO

Soto Ortiz, Roberto¹, Sandoval Álvarez, Lazaro², Escoboza Garcia, Luis Fernando¹, López López, Angel¹ y Avilés Marín, Mónica¹.

Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California¹.

E-mail: roberto_soto@uabc.edu.mx

Estudiante del Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma de Baja California².

Resumen

Con el propósito de proponer un modelo de desarrollo fenológico del trigo en función de las unidades calor, cultivado bajo las condiciones del noroeste de México; que permita un mejor entendimiento de los patrones fenológicos del cultivo, y subsecuentemente un incremento en la eficiencia de las diferentes prácticas agronómicas que inciden en su rendimiento, 16 variedades comerciales de trigo fueron sembradas y su fenología monitoreada durante los ciclos agrícolas 2007-2008, 2008-2009 y 2009-2010, en el campo agrícola experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas del valle de Mexicali, Baja California (32° 24' N, 115° 11' W, altitud 9 m), en parcelas experimentales de 500 m². El seguimiento fenológico incluyó la verificación de la etapa de crecimiento de las variedades cada tercer día, según la escala de Feekes en las etapas fenológicas de: amacollamiento, encañe, embuche, espigamiento, grano lechoso y madurez fisiológica. Se calcularon las unidades calor después de la siembra (UCAS) correspondientes a las etapas fenológicas anteriormente mencionadas, se obtuvieron los valores medios observados para cada etapa fenológica y la desviación estándar correspondiente. En base a los resultados obtenidos, se presenta a la comunidad científica un modelo de predicción del comportamiento fenológico de variedades de trigo en el noroeste del país en base a la cuantificación del tiempo térmico en unidades calor. Los valores correspondientes obtenidos fueron: 560, 641, 904, 1003, 1282 y 1711 UCAS, que corresponden a las etapas de amacollamiento, encañe, embuche, espigamiento, grano lechoso y madurez fisiológica respectivamente.

Palabras clave: Trigo, fenología y unidades calor.

Abstract

In order to obtain a phenological crop model for wheat as a function of heat units after planting (HUAP) in northern México. 16 wheat cultivars were planted during 2007-2008, 2008-2009 and 2009-2010, at campo agrícola experimental of the Instituto de Ciencias Agrícolas in the Mexicali Valley, Baja California (32° 24' N, 115° 11' W, 9 m altitude), in experimental plots of 500 m². This model will enhance the knowledge of wheat phenological patterns and subsequently, increase the efficiency of the different agronomic practices related to crop yield. The phenological follow-up was made every other day according to the Feekes scale, and the following phenological stages were identified: tillering, jointing, booting, heading, milky ripe and physiological maturity. HUAP mean values necessary to attain the previous phenological stages and the standard deviation for each stage were estimated. Base on the pool of data obtained, a phenological model for the wheat crop based on HUAP is presented to the scientific community. The HUAP mean values for tillering, jointing, booting, heading, milky ripe and physiological maturity were 560, 641, 904, 1003, 1282 and 1711 respectively for these phenological stages.

Key Words: wheat, crop phenology and heat units.

Introducción

El trigo es uno de los cultivos más importantes en el noroeste de México, anualmente la superficie sembrada en los Estados de Sonora, Baja California y Sinaloa comprende aproximadamente 365 000 ha, con un rendimiento promedio de 5.6 ton ha⁻¹. En el valle de Mexicali, B.C., se cultiva el trigo de mayor rendimiento comercial en el país, con un rendimiento medio de 6.3 ha⁻¹. La superficie anual sembrada oscila entre 80 y 85 000 ha, dedicándose a la siembra de este cultivo aproximadamente 5000 familias

rurales (SAGARPA, 2011). El mosaico de variedades de trigo en la región se renueva constantemente, liberándose al mercado materiales genéticos con atributos superiores de rendimiento y calidad de grano. Sin embargo, se carece de información actualizada relativa a los patrones de desarrollo fenológico de las nuevas variedades. Una adecuada predicción de las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de trigo, incluida la fecha de cosecha, tiene gran importancia para el mejoramiento en la eficiencia de diferentes prácticas agronómicas, tales como: fertilización (cantidades de nutrientes requerido en las diferentes etapas fenológicas y su distribución dentro de los diferentes órganos de la planta), riegos, control de insectos plaga y malezas, etc.

El uso de modelos de acumulación de unidades calor (UC) ha demostrado su eficiencia en la predicción de ocurrencia de las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo de las plantas. El concepto de acumulación de horas calor se basa en el hecho de que la mayoría de los procesos fenológicos y de crecimiento de los cultivos ocurre en relación directa con la acumulación de temperatura por el cultivo. Debajo de un nivel de temperatura base, no se acumula tiempo térmico y el crecimiento se detiene. Arriba de una temperatura óptima, el crecimiento se ve reducido. Este concepto asume que entre estos dos umbrales de temperatura, la planta acumula cierta cantidad de tiempo térmico a fin de completar su desarrollo (Roberts y Summerfield, 1987). El uso de UC ha mostrado ser más eficiente para modelar y predecir el desarrollo fenológico de los cultivos en comparación con el método tradicional de computar días después de la siembra (DDS), debido principalmente a que las variaciones entre ciclos agrícolas y localidades pueden ser estandarizadas en forma más precisa mediante UC en comparación con DDS. Boswell (1929) fue el primero en documentar el uso de UC en agricultura, en 1929. A partir de ahí, las UC se han aplicado con éxito en numerosos cultivos, tales como: melón, (Baker y Reddy, 2001; Baker et al., 2001, y Soto et al., 2008), chile (Perry et al., 1993, y Soto et al., 2008), tomate (Perry et al., 1997), y trigo (McMaster y Wilhelm, 1998) entre otros. Actualmente, la información relativa al comportamiento fenológico de las variedades de trigo utilizadas en el valle de Mexicali es nula.

En función de lo anterior, el presente estudio tiene como propósito el desarrollar un modelo de desarrollo fenológico del trigo en función de unidades calor, cultivado bajo las condiciones del noroeste de México; que permita un mejor entendimiento de los patrones fenológicos del cultivo, y subsecuentemente un incremento en la eficiencia de las diferentes prácticas agronómicas que inciden en su rendimiento.

Materiales y Métodos

Durante los ciclos agrícolas 2007-2008, 2008-2009 y 2009-2010, en el campo agrícola experimental del Instituto de Ciencias Agrícolas del valle de Mexicali, Baja California (32° 24' N, 115° 11' W, altitud 9 m), se establecieron parcelas experimentales de 500 m² cada una, las cuales fueron sembradas con 16 variedades comerciales de trigo más importantes en el noroeste de México. En todos los ciclos de evaluación, la siembra se realizó en seco, durante el mes de diciembre. Las generalidades de métodos y fechas de siembra se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Métodos y fechas de siembra de variedades de trigo utilizadas en la obtención de un modelo general de desarrollo fenológico. 2007-2010.

Ciclo	Fecha de Siembra	Método de siembra	Densidad de Siembra
2007-2008	21 de diciembre	Surcos de 1 m de ancho, siembra a doble hilera.	80 kg ha ⁻¹
2008-2009	28 de diciembre	Siembra en plano en melgas de 20 m de ancho.	200 kg ha ⁻¹
2009-2010	8 de diciembre	Surcos de 1 m de ancho, siembra a doble hilera.	80 kg ha ⁻¹

Muestras compuestas de suelo de 30 cm de profundidad fueron tomadas en cada parcela previa a la siembra para análisis de fertilidad. El programa general de fertilización fue igual en todas las variedades y consistió en la adición de 280 kg N ha⁻¹ y 44 kg P ha⁻¹. De acuerdo a las recomendaciones de Soto *et al.* (1997) 25 % del nitrógeno y todo el fósforo fueron aplicados en presiembra, el resto del nitrógeno fue aplicado en partes iguales en el primero, segundo y tercer riego de auxilio. El agua de riego fue aplicada a fin de mantener un nivel de humedad aprovechable de entre 60 y 70% en los primeros 30 cm de suelo. Para tal efecto, cada tercer día se monitorearon los niveles de humedad del suelo mediante tensiómetros colocados en cada unidad experimental. Los nutrientes y agua fueron agregados en cantidades suficientes y con el objetivo de que no constituyan una limitante para el crecimiento y desarrollo. El control de plagas, enfermedades y malezas se realizó de acuerdo a las necesidades del cultivo, según las recomendaciones de Soto *et al.* (1997). Se utilizó una estación climatológica automatizada del Sistema de Información de Manejo del Agua de Riego en Baja California (SIMARBC), localizada *in situ*, para obtener lecturas diarias de las temperaturas máximas y mínimas. Debido a la falta de información respecto a umbrales máximos y mínimos de unidades calor para el cultivo de trigo en la región. Temperaturas de 30°C y 5°C fueron seleccionadas empíricamente como umbrales superior e inferior respectivamente para la estimación diaria de unidades calor. Las unidades calor fueron estimadas mediante el método de la curva seno, según lo presentado por Baskerville y Emin (1969) y su posterior modificación por Brown (1989). Para tal efecto, se utilizó la calculadora de unidades calor disponible en el sitio Web del Programa de manejo integrado de plagas de la universidad de California (<http://www.ipm.ucdavis.edu>). La acumulación diaria de unidades calor se sumo desde la fecha de siembra y se reportó como Unidades Calor después de la siembra (UCAS).

Se realizaron muestreos cada tercer día, a fin de identificar la etapa fenológica correspondiente a cada variedad en cuatro puntos aleatorios en cada parcela y época de muestreo. Se identificaron las siguientes etapas de desarrollo fenológico (Cuadro 2): Amacollamiento, encañe, embuche, espigamiento, grano lechoso y madurez fisiológica. Las etapas fenológicas seleccionadas tienen una significación especial para el manejo agronómico del cultivo de trigo. Para la identificación de las diferentes etapas fenológicas se siguió la escala de Feekes, según metodología propuesta por Large (1954). Las etapas fenológicas anteriores permitieron realizar una cuantificación apropiada del crecimiento y desarrollo de las plantas de trigo. Se calcularon las UCAS correspondientes a las etapas fenológicas anteriormente mencionadas, se obtuvieron los valores medios observados para cada etapa fenológica y la desviación estándar correspondiente. Lo anterior de acuerdo a procedimientos estadísticos señalados por Steele y Torrie (1980).

Cuadro 2. Correspondencia de la escala de Feekes con las etapas fenológicas de trigo seleccionadas.

Escala de Feekes	Etapa fenológica correspondiente	Características principales
5.0	Amacollamiento.	La planta de trigo está completamente erecta y la aparición de nuevos hijuelos ha cesado.
6.0	Encañe.	El primer nudo en el tallo principal se hace visible.
10.0	Embuche.	La espiga aun cubierta y por debajo de la hoja bandera, está totalmente desarrollada y a punto de emerger.
10.5	Espigamiento.	La espiga es visible en su totalidad.
11.1	Grano Lechoso.	El grano es de consistencia suave y al presionarlo con los dedos se deforma expulsando un líquido blanquecino.
11.4	Madurez Fisiológica.	El raquis que sostiene la espiga se torna de color amarillo.

Resultados y Discusión

El Cuadro 3, muestra los valores de horas calor acumuladas para cada variedad en las diferentes etapas fenológicas seleccionadas en este estudio. Se pone de manifiesto la variabilidad debido a los diferentes cultivares y años de evaluación.

Cuadro 3. Etapas fenológicas del cultivo de trigo por variedad (UCAS), 2007-2010.

Etapas/ Variedad	Amacolla- miento	Encañe	Embucho	Espiga- miento	Grano Lechoso	Madurez Fisiológica
Yecora F-70	641	703	1072	1173	1302	1822
Oasis F-86	255	598	866	1034	1157	1822
Rayon F-89	641	703	1157	1245	1302	1822
Cachanilla F-2000	655	724	1040	1173	1245	1822
Palmerin F-2004	579	700	1004	1091	1304	1822
Avelino F-2004	484	604	842	936	1360	1822
Baviacora M-92	551	662	1004	1091	1304	1570
Aconchi C-89	484	592	821	1168	1226	1822
Rafi C-97	538	616	805	1155	1226	1822
Atil C-2000	545	634	815	965	1360	1822
Rio Colorado C- 2000	530	613	859	965	1338	1833
Jupare C-2001	546	616	805	897	1226	1822
Orita C-2001	641	703	1072	1173	1302	1822
Bataquez C-2004	255	598	866	1034	1157	1822
Banamichi C-2004	546	616	805	911	1226	1633
Samayoa C-2004	546	616	805	911	1226	1648

El Cuadro 4, resume los valores medios de unidades calor promediados por todos los cultivares en los 3 años de evaluación. Según los datos obtenidos, la etapa de amacollamiento se alcanza en promedio a las 560 UCAS, encañe a las 641 UCAS, embucho a las 904 UCAS, y las etapas de espigamiento, grano lechoso y madurez fisiológica a las 1003, 1282 y 1711 UCAS respectivamente.

Cuadro 4. Modelo general de desarrollo fenológico del trigo.

	Amacollamiento	Encañe	Embucho	Espigamiento	Grano Lechoso	Madurez Fisiológica
UCAS	560	641	904	1003	1282	1711
DE	64	61	142	205	55	102
n	64	50	57	88	44	82
CV	11.4	9.5	15.7	20.4	4.3	5.9

DE= Desviación estándar, n= número de observaciones, CV= Coeficiente de variación.

La lectura de los valores de desviación estándar muestra un rango de valores que oscila desde 55 a 205, correspondiendo la mayor variabilidad para la etapa de espigamiento. Expresados en días calendario, este rango de valores corresponde de 1 a 4 días de variación respectivamente con respecto a los valores medios expresados para cada etapa fenológica. A pesar de esta variabilidad natural, los valores de coeficiente de variación obtenidos son aceptables para este tipo de estudios, siendo el valor mayor de 20.4 para la etapa de espigamiento. Este modelo fenológico requiere ser calibrado con el manejo comercial de los productores del Noroeste del país, lo cual constituye el objeto de un estudio futuro.

Conclusiones

Se presenta a la comunidad científica un modelo de predicción del comportamiento fenológico de variedades de trigo en el Noroeste del país en base a la cuantificación del tiempo térmico en unidades calor. Los valores correspondientes obtenidos en etapas fenológicas seleccionadas fueron: 560, 641, 904, 1003, 1282 y 1711 unidades calor después de la siembra que corresponden a las etapas de amacollamiento, encañe, embuche, espigamiento, grano lechoso y madurez fisiológica respectivamente.

Literatura Citada

- Baker, J.T., D.I. Leskovar, V.R. Reddy, y F.J. Dainello. 2001. A simple phenological model of muskmelon development. *Annals of Botany*. 87:615-621.
- Baker, J.T. y V.R. Reddy. 2001. Temperature effects on phenological development and yield of muskmelon. *Annals of Botany*. 87:605-613.
- Baskerville, G.L. y P. Emin. 1969. Rapid estimation of heat accumulation from maximum and minimum temperatures. *Ecology* 50:514-517.
- Boswell, V. R. 1929. Factors influencing yield and quality of peas. *Maryland Agric. Exp. Sta. Bull.* 306.
- Brown, P. W. 1989. Heat units. *Ariz. Coop. Ext. Bull.* 8915. Univ. of Arizona, Tucson, AZ.
- Large, E.G. 1954. Growth stages in cereals: Illustration of the Feekes scale. *Plant. Pathology*. Vol. 3 (4): 128-129.
- McMaster, G.S., and W.W. Wilhelm. 1998. Is soil temperature better than air temperature for predicting winter wheat phenology? *Agronomy Journal*. 90:602-607.
- Perry, K.B., Y. Wu, D.C. Sanders, J.T. Garret, D.R. Decoteau, R.T. Nagata, R.J. Dufault, K.D. Batal, D.M. Granberry, y W.J. McLaurin. 1997. Heat units to predict tomato harvest in the southeast USA. *Agricultural and Forest Meteorology*. 84:249-254.
- Perry, K.B., D.C. Sanders, D.M. Granberry, J. T. Garret, D.R. Decoteau, R.T. Nagata, R. J. Deufault, K.D. Batal, y W.J. McLaurin. 1993. Heat units, solar radiation and day length as pepper harvest predictors. *Agricultural and Forest Meteorology*. 65:197-205.
- Roberts, E.H., y R. J. Summerfield. 1987. Measurement and prediction of flowering in annual crops. En: J.C. Atherton (ed), *Manipulation of flowering*. Butterworths. pp: 17-50.
- SAGARPA, 2011. Estadística Agrícola Básica. Servicio de Información Agroalimentaria y pesquera. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (última revisión: Agosto de 2011).
- Soto, O. R., V.A. Cárdenas, C. Ceceña y P. Méndez. 1997. Manejo Agronómico del Trigo orientado a obtener calidad industrial en los valles de Mexicali y San Luis Río Colorado. Folleto Técnico. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California.
- Soto, O.R. and Silvertooth, J. 2008. Crop Phenology for irrigated spring cantaloupes (*Cucumis melo* L.). Vegetable Report P-152. College of Agriculture. University of Arizona. pp. 113-122.
- Soto, O.R. and Silvertooth, J. 2008. A Crop Phenology model for irrigated New Mexico Chile (*Capsicum annuum* L.). Vegetable Report P-152. College of Agriculture. University of Arizona. pp. 104-112.
- Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill, New York.

PROGRAMA DE FERTIRRIGACION EN MANZANO PARA LA REGION DE ARTEAGA, COAHUILA

Rojas Peña, Lindolfo²; Covarrubias Ramírez, Juan Manuel¹; Vázquez Ramos, José Antonio¹ y Sandino Salazar, Rolando²

Campo Experimental Saltillo – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias¹, Depto. de Riego y Drenaje – Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro².

E-mail: covarrubias.juan@inifap.gob.mx

Resumen

Generar un programa de fertirrigación fue el objetivo del estudio y se realizó en la Sierra de Arteaga, Coahuila en cinco huertas de manzano durante 8 años con árboles desde el inicio de producción hasta más de 7 años. El diseño fue San Cristóbal III con tres factores: N, P₂O₅ y K₂O, más un factor adicional (MgO) para 16 tratamientos con 3 repeticiones, las variables fueron rendimiento de fruta y concentración nutricional foliar. En todas las localidades los tratamientos fueron diferentes significativamente ($p \leq 0.05$). Las dosis en huertas con menos de 3 años en producción utilizaron 50 kg N/ha, 40 kg P₂O₅/ha, 30 kg K₂O/ha, 5 kg MgO/ha y 7 kg S/ha, en huertas de 4 a 7 años de producción fueron 80 kg N/ha, 80 kg P₂O₅/ha, 60 kg K₂O/ha, 10 kg MgO/ha y 14 kg S/ha y en huertas de más de 7 años en producción, la dosis fue 100 kg N/ha, 126 kg P₂O₅/ha, 80 kg K₂O/ha, 20 kg MgO/ha y 21 kg S/ha. Los niveles de suficiencia en N de 2.0 a 2.5, de P de 0.2 a 0.3, de K de 0.7 a 1.4, de Ca de 0.7 a 1.2 y de Mg de 0.15 a 0.22, en porcentaje, para microelementos, en Fe de 150 a 250, en Cu de 6 a 20, en Zn de 20 a 50 y en Mn de 30 a 120 mg/kg. La fertirrigación en frutales caducifolios es diferente por suelo y clima, durante el ciclo y entre ciclos.

Palabras clave: dosis, suficiencia nutricional, fertilizantes.

Abstrac

Generate a fertigation program was the objective of this study and performed in the Sierra de Arteaga, Coahuila in five orchards of apple trees using over 8 years since the start of production to more than 7 years. The design was San Cristobal III with three factors: N, P₂O₅ and K₂O, plus an additional factor (MgO) to 16 treatments and 3 replications, the variables were fruit yield and leaf nutrient concentration. At all locations the treatments were significantly different ($p \leq 0.05$). The doses in orchards with less than 3 years in production were 50 kg N/ha, 40 kg P₂O₅/ha, 30 kg K₂O/ha, 5 kg MgO/ha and 7 kg S/ha in orchards of 4 to 7 years production were 80 kg N/ha, 80 kg P₂O₅/ha, 60 kg K₂O/ha, 10 kg MgO/ha and 14 kg S/ha and in orchards in production over 7 years, the dose was 100 kg N/ha, 126 P₂O₅kg/ha, 80 kg K₂O/ha, 20 kg MgO/ha and 21 kg S/ha. Sufficiency levels to N is 2.0 to 2.5, to P is 0.2 to 0.3, to K is 0.7 to 1.4, to Ca is 0.7 to 1.2, and to Mg is 0.15 to 0.22 in percentage, for microelement to Fe is 150 to 250, to Cu is 6 to 20, to Zn is 20 to 50 and to Mn 30 to 120 mg/kg. Fertigation in deciduous fruit trees is different for soil and climate, during the cycle and between cycles of production.

Key words: dose, nutritional sufficiency, fertilizers.

Introducción

La fertilidad natural de un suelo normalmente no aporta los suficientes nutrientes para cumplir con la demanda de los cultivos, necesaria para obtener su máximo rendimiento y producción, por lo tanto, se requiere de complementación con fertilizantes (Etchevers, 1997; Alcántar y Sandoval, 1999).

El concepto de fertirrigación ha venido evolucionando de acuerdo a varios autores de la siguiente manera:

- Fertirrigación es la aplicación de fertilizantes a través del agua de riego (Burt *et al.*, 1995).
- Fertirrigación es la aplicación en el agua de fertilizantes y reguladores de crecimiento a través del sistema de riego (Irrigation Association, 1997).

- Fertirrigación es el método más racional para realizar una fertilización optimizada (Cadahia, 2005).
- Fertirrigación es proporcionar a la planta su alimento en la cantidad y cuando lo necesite mediante el agua de riego (Covarrubias y Hernández, 2005).

Al considerar que la extracción nutrimental regula a la fertirrigación y que ésta no es uniforme a través del ciclo, por consecuencia la dosis de fertirrigación, hace que ésta sea variable, además se debe considerar la disponibilidad de fuentes de fertilizantes en la región (Limón, 1997), con lo cual, se cumple el concepto que la fertirrigación es alimentar a la planta en la cantidad que necesita, así la fertirrigación en manzano es una tecnología para todos los productores pero diferente para cada situación, porque en el campo, el suelo y el clima provocan que las necesidades de fertilización sean diversas a través del ciclo de cultivo y entre ciclos por la edad y producción del árbol (Covarrubias, 2003).

El objetivo del trabajo fue generar un programa de fertirrigación para manzano en la Sierra de Arteaga, en Coahuila.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó desde 1996 hasta 2008 en las huertas Viento de paz, San Francisco y Roncesvalles en el poblado Los Lirios, en El Ranchito del poblado Jame y El Capricho del poblado La Biznaga, en el municipio de Arteaga, Coahuila. Se trabajo en huertas de menos de 3 años de producción, de 4 a 7 años de producción y más de 7 años de producción. Se evaluaron niveles de nitrógeno (N), fósforo (P_2O_5), potasio (K_2O) y Magnesio (MgO) en un diseño San Cristóbal III con arreglo para tres factores (N, P_2O_5 y K_2O) con 14 tratamientos, al cual se le anexo un factor más (MgO) con dos tratamientos adicionales para un total de 16 con tres repeticiones (Cuadro 1), el tamaño de la unidad experimental varió según la huerta desde una sección de riego hasta dos hileras de 100 m en huertas con arreglo de 4 m entre hileras y 2 m entre árboles. Las fuentes de fertilizante utilizadas fueron: urea (46-0-0), fosfato mono amónico (12-61-0), sulfato de potasio (0-0-50-18S) y sulfato de magnesio (0-0-0-13S-9Mg), las aplicaciones de azufre fueron hasta de 31kg/ha por cada 100 kg de fertilizante del tipo sulfato aplicado y el azufre como elemento acompañante, las aplicaciones fueron semanales y se estimaron dividiendo el tratamiento entre el ciclo del producción del manzano que fue de marzo hasta julio, en todas las huertas se trabajo con la variedad Golden Estándar.

Cuadro 1. Diseño San Cristóbal III con tratamientos adicionales para evaluar dosis de fertilizantes en kg/ha.

Tratamiento	N	P_2O_5	K_2O	MgO
1	0	0	0	0*
2	0	0	90	0
3	0	100	0	0
4	0	100	90	0
5	100	0	0	0
6	100	0	90	0
7	100	100	0	0
8	100	100	90	0
9	120	50	45	0
10	50	120	45	0
11	50	50	45	0
12	0	50	45	0
13	50	0	45	0
14	50	50	0	0
15	50	50	45	10
16	100	100	90	20

*Testigo

Las variables de estudio fueron rendimiento de manzana en t/ha y concentración foliar de nutrimentos (Covarrubias, 1999a), el rendimiento se analizó con el proceso ANOVA y al encontrar diferencia significativa entre tratamiento se efectuó el análisis de superficie de respuesta con el proceso RSREG (SAS, 2002) para dosis versus rendimiento para estimar la dosis de fertirrigación y concentración foliar versus rendimiento para estimar los rangos de suficiencia de cada nutrimento, así se obtuvieron los rangos de suficiencia a un 95% de rendimiento relativo (Alcantar y Trejo, 2007).

Resultados y Discusión

En cada localidad estudiada los tratamientos evaluados fueron diferentemente significativos ($p \leq 0.05$), por lo que se pudo realizar la estimación de la superficie de respuesta. Los rendimientos variaron desde 5 t/ha para el testigo hasta 50 t/ha para la mejor dosis de fertilización, en las cinco huertas en durante el período de estudio y por esta variación, la superficie de respuesta y el nivel de suficiencia se estimaron con el rendimiento relativo de 0 a 100%.

Las dosis obtenidas para huertas con menos de 3 años de producción fue 50 kg N/ha, 40 kg P₂O₅/ha, 30 kg K₂O/ha, 5 kg MgO/ha y 7 kg S/ha (Cuadro 2), la distribución del N y MgO es mayor al inicio porque en brotación aumentan los requerimientos de amina en las fitohormonas que inducen ésta, además en el crecimiento vegetativo induce la producción de clorofila, éste pigmento está formado por aminas formando un anillo con Mg. El P₂O₅ se mantiene constante a partir de marzo, porque aporta la energía en el proceso de floración y formación de nuevas raíces. El K₂O induce la división y elongación celular del fruto, la parte importante del cultivo la cual inicia en abril hasta la cosecha en agosto (Covarrubias y González, 2001). El azufre se utiliza como ión acompañante, y favorece la acidificación del suelo, por las condiciones de suelos calcáreos y yesíferos de la Sierra de Arteaga, lo que favorece la absorción de PO₄ y de los micronutrientes del grupo de metales como Fe, Cu, Zn y Mn, además, estos metales se aplican de manera foliar como quelatos para evitar el daño a la epidermis del fruto (Briones *et al.*, 2007).

Cuadro 2. Programa de fertirrigación (kg/ha) para manzano en huertas de < 3 años.

Nutrimento	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL**	AGO	Total
Nitrógeno	12	12	12	9	5			50
Fósforo		7	7	7	7	7	5	40
Potasio			7	7	7	7	2	30
Magnesio	1	1	1	1	1			5
Azufre*	1	1	1	1	1	1	1	7

* como elemento acompañante del potasio y magnesio

** análisis foliar

Las necesidades de fertilización en la etapa de 4 a 7 años del manzano son mayores que en la etapa anterior (Cuadro 3), porque la extracción de nutrimentos por el mayor rendimiento es proporcional a las necesidades de fertilización (Sánchez, 2002).

Cuadro 3. Programa de fertirrigación (kg/ha) para manzano en huertas de 4 a 7 años.

Nutrimento	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL**	AGO	Total
Nitrógeno	20	20	20	15	5			80
Fósforo		15	15	15	15	15	5	80
Potasio			15	15	15	15		60
Magnesio	2	2	2	2	2			10
Azufre*	2	2	2	2	2	2	2	14

* como elemento acompañante del potasio y magnesio

** análisis foliar

Los requerimientos en la fertirrigación para huertas con más de 7 años de producción, por consecuencia es el mayor con 100 kg N/ha, 126 kg P₂O₅/ha, 80 kg K₂O/ha, 20 kg MgO/ha y 21 kg S/ha, en la distribución la relación N:Mg es 6.3 de febrero a abril, en mayo baja a 4.5 y junio de 1.75, esta reducción se debe a que el objetivo del manzano es producir fruto y no ramas que se lignifican y se podan en invierno Covarrubias *et al.*, 2010).

Cuadro 4. Programa de fertirrigación (kg/ha) para manzano en huertas de más de 7 años.

Nutrimiento	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL**	AGO	Total
Nitrógeno	25	25	25	18	7			100
Fósforo		23	23	23	23	23	11	126
Potasio			21	21	21	21		80
Magnesio	4	4	4	4	4			20
Azufre*	3	3	3	3	3	3	3	21

* como elemento acompañante del potasio y magnesio

** análisis foliar

En los programas de fertirrigación, aunque aquí se muestran exactos, las cantidades de fertilizantes pueden variar de acuerdo a la fuente existente en la región (Covarrubias, 2003) y su monitoreo con el análisis foliar es una forma de determinar el nivel nutrimental del cultivo. El nivel de suficiencia es el rango donde el rendimiento es el mayor y los nutrientes están en concentración óptima al 95 % del rendimiento relativo (Mills and Jones Jr, 1996).

Cuadro 5. Niveles de suficiencia nutrimental en el cultivo de manzano.

NUTRIMENTO	RANGO SUFICIENCIA
Nitrógeno (%)	2.0 a 2.5
Fósforo (%)	0.2 a 0.3
Potasio (%)	0.7 a 1.4
Calcio (%)	0.7 a 1.2
Magnesio (%)	0.15 a 0.22
Hierro (mg/kg)	150 a 250
Cobre (mg/kg)	6 a 20
Zinc (mg/kg)	20 a 50
Manganeso (mg/kg)	30 a 120

Los elementos que están en el diagnóstico nutrimental sólo contemplan los macro elementos, sólo dos de los meso elementos y los cuatro metales de los micro elementos, y la aplicación de los elementos que no se consideran en la fertirrigación del manzano está documentada como fertilización foliar (Covarrubias, 1999b, c). La fertirrigación en un cultivo cíclico no es nada similar, por lo que existen variaciones en las dosis y pocos estudios en frutales caducifolios.

Conclusiones

Las necesidades de nutrimentos se incrementan con la edad del árbol. La fertirrigación en frutales caducifolios requiere de varios años de estudio en función a la edad del árbol. Las dosis estimadas pueden variar en otras regiones, pero son un buen indicador de la fertirrigación en manzano. En la fertirrigación siempre se debe realizar un monitoreo mediante análisis foliar para corregir la dosificación.

Literatura citada

- Alcántar G., G. y M. Sandoval, V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. 156 p.
- Alcántar G., G. y L. Trejo-Telléz, 2007. Nutrición de cultivos. Ed. Mundi Prensa México. S. A. de C. V. México, D. F. 454 p.
- Burt C., K. O. Connor and T. Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation Training and Research Center. California Polytechnic State University. San Luis Obispo, C.A., USA. 295 p.
- Briones-Sánchez, G.; J. M. Covarrubias-Ramírez y M. del R. Zúñiga Estrada. 2007. Fertilización postcosecha en manzano en la Sierra de Arteaga, Coahuila. *In: Amador R, M. D., J. A. Zegbe D., L. R., Reveles T., J. Mena C. y A. Serna P. (eds). Memoria del XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas, A. C. Zacatecas, Zac. p 63.*
- Cadahia L., C. 2005. Fertirrigación. 3ª ed. Mundiprensa. Madrid. Esp. 881 p.
- Covarrubias-Ramírez, J. M. 1999a. Análisis foliar en manzano. Una herramienta básica en la fertirrigación. Desplegable Técnica Num. 4. CESAL. CIRNE. INIFAP. Septiembre. Saltillo, Coah.
- Covarrubias-Ramírez, J. M. 1999b. Corrección de la deficiencia de zinc en manzano. *In: 500 tecnologías llave en mano. Tomo II. SAGAR- INIFAP. México, D. F. p 33.*
- Covarrubias-Ramírez, J. M. 1999c. Corrección de deficiencia de cobre en manzano. *In: 500 tecnologías llave en mano. Tomo II. SAGAR- INIFAP. México, D. F. p 34.*
- Covarrubias-Ramírez, J. M. y V. González R. 2001. Fertirrigación del manzano en huertas de alta densidad en la Sierra de Arteaga, Coahuila. *In: Memorias del IX Congreso Nacional de Ciencias Hortícolas. Oaxtepec, Mor. Horticultura Mexicana 8(3):379.*
- Covarrubias-Ramírez, J. M. 2003. Guía para preparar mezclas de fertilizantes en sistemas de fertirrigación. Folleto técnico Núm. 6. INIFAP-CIRNE. Campo experimental Saltillo. Saltillo, Coah. 27 p.
- Covarrubias-Ramírez, J. M. y L. Hernández F. 2005. Biofertirrigación en maíz, manzano y papa en México. *In: Memorias del VIII Simposio Internacional de Agricultura Sostenible. SOMAS. Cd. Victoria, Tam. CD-ROM. p 37.*
- Covarrubias-Ramírez, J. M., G. Briones S., J. A. Vázquez R., F. J. Contreras de la R., 2010. Nutrición del manzano. *In: Manual para el cultivo de manzano en la Sierra de Arteaga, Coahuila. Reyes López, Alfonso. Editor. Libro electrónico en <http://www.cultivodemanzana.com/> 51 p.*
- Etchevers B., J.D. 1997. Evaluación del estado nutrimental del suelo y de los cultivos ferti-irrigados. Memoria, 2º Simposio internacional de fertirrigación. Querétaro, México. pp. 51-60.
- Irrigation Association. 1999. Chemigation. Ed. I.A. Fairfax, VA. 192 p.
- Limón-Mendoza, Hugo J. 1997. Eficiencia de la aplicación de fertilizantes a través de riego por goteo en el cultivo de manzano. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria —Antonio Narro—. Buenavista, Saltillo, Coah. 76 p.
- Mills, H. A. and J. B. Jones Jr. 1996. Plant analysis. Handbook II. Micro Macro Publishing Inc. Boca Ratón, Fl. 255 p.
- Sánchez G., P. 2002. Nutrición vegetal. Curso postgrado. Colegio de Postgraduados - IRENAT - Edafología - Nutrición Vegetal. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 264 p.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. SAS/STAT User's guide, Release 9.03. SAS Institute Inc. Cary, N.C. USA. pp:136-170.

CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y FISIOLÓGICOS EN HOJAS DE FRIJOL TOLERANTE Y SUSCEPTIBLE A DEFICIENCIA DE HIERRO

Álvarez-Sánchez María Edna¹, Maldonado Torres Ranferi¹, Sandoval Villa Manuel²,
Zavala Estrada Fabiola²

¹ Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 Carretera México-Texcoco, Chapingo, Méx. CP56230. E-mail: edna_alvarez30@yahoo.com.mx.

² Programa de Edafología, Colegio de Posgraduados, Montecillo, Edo. de México CP 56230.

Resumen

La clorosis por deficiencia de Fe es un estrés abiótico que se manifiesta principalmente en cultivos que crecen en suelos calcáreos o alcalinos, el grado de alteración en la morfología y fisiología de las plantas depende de su tolerancia al estrés. Se determinaron algunos cambios anatómicos y fisiológicos (lecturas SPAD, fotosíntesis neta, concentración de Fe) en hojas de líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerante y susceptible a clorosis férrica que ocurren por deficiencia de Fe. La estructura del mesófilo de la hoja clorótica del genotipo tolerante se mostró organizada pero con el parénquima esponjoso más compactado que en la hoja verde y con escasos cloroplastos y de menor tamaño. En la hoja clorótica del genotipo susceptible, el mesófilo presentó estructura desorganizada, con células de forma y tamaño irregular y, con aparente ausencia de cloroplastos. En hojas cloróticas de ambas líneas, el desarrollo de los tilacoides fue escaso y sin formación de grana. En cualquier condición de suministro de Fe y pH del medio, la línea de frijol tolerante presentó lecturas SPAD y fotosíntesis neta más alta que la línea susceptible. La mayor tasa fotosintética se alcanzó con 0.5 mg L⁻¹ para la línea tolerante (12.33 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) y con 2.0 mg L⁻¹ de Fe para el genotipo susceptible (10.62 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹). La concentración de Fe en la hoja en ambas líneas se incrementó conforme aumentó el suministro de Fe y ésta disminuyó a pH 8.5.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, deficiencia de hierro, cloroplastos, fotosíntesis.

Abstract

The Fe chlorosis is an abiotic stress mainly found in crops growing on calcareous or alkaline soils, and the degree of morphological and physiological alteration deepens on genotype tolerance to Fe deficiency. In tolerant and susceptible bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to iron deficiency some morphological and physiological changes in leaves were detected when plants were exposed to Fe deficiency in order to identify the gradual response of both bean genotypes. In the chlorotic leaf of the tolerant genotype the structure of mesophyll was organized but with the spongy parenchyma more compacted and less and smaller chloroplasts than in the green leaf. In the chlorotic leaf of the susceptible line the mesophyll structure was disorganized, with irregular cells in form and size and resembling absence of chloroplasts. In chlorotic leaves of both genotypes, there was a small development of thylakoids and therefore there was no formation of grana. Independently of Fe supply and pH media the tolerant Fe chlorosis genotype showed higher SPAD readings and photosynthetic rate than the susceptible genotype. Higher net photosynthesis was reached with 0.5 and 2.0 mg L⁻¹ of Fe with the tolerant genotype (12.33 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹) and susceptible (10.62 μmol m⁻² s⁻¹ CO₂), respectively. The Fe concentration showed an increase as Fe increased in the nutrient solution and it decreased with pH 8.5.

Key Words: *Phaseolus vulgaris*, iron deficiency, chloroplasts, photosynthesis.

Introducción

El Fe está presente en todos los suelos, sin embargo, el Fe disponible para las plantas es extremadamente bajo debido a la escasa solubilidad de los óxidos-Fe (III) en condiciones aeróbicas (Schmidt, 2003), lo que origina una disminución significativa del rendimiento y calidad de las cosechas. El Fe es un elemento esencial para el funcionamiento de diversos procesos metabólicos y enzimáticos relacionados con el transporte de electrones, fijación de N, síntesis de ADN, clorofila y hormonas, es constituyente de

hemoproteínas (citocromos, catalasa y peroxidasa) (Lobreaux y Briat, 1997). El crecimiento de las plantas con baja disponibilidad de Fe tiene importancia económica, dado que disminuye de manera significativa el rendimiento y calidad de las cosechas (Álvarez-Fernández *et al.*, 2007) aunado a que las medidas correctivas que llevan a cabo los agricultores para prevenir o controlar la clorosis por deficiencia de Fe representan una proporción sustancial de los costos de producción total (Rombolá y Tagliavini, 2007). La deficiencia de Fe altera la morfología y fisiología de las hojas (Bertamini y Nedunchezian, 2005), consistentes en una disminución del número de células por unidad de superficie y desorganización en la estructura del cloroplasto, sin afectar el crecimiento de las hojas (Terry y Abadía, 1986). Cuando el estrés es severo, disminuye drásticamente la actividad fotosintética (Larbi *et al.*, 2006), se detiene la división celular en los meristemos y se inhibe la producción de primordios foliares en los ápices del brote y con ello el crecimiento foliar (Römold y Maschner, 1991). A nivel ultraestructural, se hace evidente la inadecuada formación de las membranas de los tilacoides (Platt-Aloia *et al.*, 1983). En diversas investigaciones relativas a parámetros fisiológicos en hojas Fe-deficientes se menciona que aún es escasa la información referente a los cambios que ocurren tanto en la estructura interna como en la superficie de las hojas afectadas por este estrés abiótico (Fernández *et al.*, 2008), por otra parte, dichos cambios pueden ser típicos de cada especie de cultivo. En el caso del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), no se han reportado investigaciones de este tipo, siendo necesario caracterizar y entender las alteraciones que pueden presentar los cultivares sensibles a deficiencias de Fe, como una oportunidad de generar tecnologías de corrección. El objetivo de la presente investigación fue determinar cambios anatómicos y fisiológicos en hojas jóvenes de frijol de genotipos tolerante y susceptible a clorosis férrica en plantas expuestas a deficiencia de Fe combinadas con bajo y alto pH en el medio de crecimiento.

Materiales y Métodos

Se utilizaron plantas de frijol de una línea tolerante (496) y una susceptible (33) a deficiencia de hierro; ambas derivadas de familias F3 e incrementadas siete generaciones, provenientes de la cruce de progenitores AC1028xPinto Sierra, susceptible y tolerante a la sequía, respectivamente (Ramírez y Kelly, 1998), adaptadas a los Valles Altos. Cuando las semillas, previamente germinadas, presentaron el primer par de hojas simples se trasplantaron en recipientes para ser nutridas con una solución preparada de macronutrientes (mg L^{-1}) (7 K^+ , 9 Ca^{+2} , 4 Mg^{+2} , 12 NO_3^- , $1 \text{ H}_2\text{PO}_4^-$, 7 SO_4^{-2} , y micronutrientes (mg L^{-1}) (0.62 Mn , 0.44 B , 0.11 Zn , 0.020 Cu y 0.48 Mo), sugeridas por Steiner (1984). El experimento se estableció en un invernadero con luz natural, con los factores de estudio: i) líneas de frijol (a) tolerante (496) y (b) susceptible (33), ii) tres niveles de Fe-EDTA (0, 0.5 y 2 mg L^{-1}) en la solución indicada anteriormente y iii) dos condiciones de pH (6.0 y 8.5). Los doce tratamientos se distribuyeron completamente al azar con cuatro repeticiones, donde la unidad experimental fue un recipiente de 1.5 L con dos plántulas. Las plantas desarrollaron durante cuatro semanas y al final se colectó la hoja trifoliada completamente expandida y más joven y se realizaron las siguientes determinaciones:

Estructura del mesófilo y anatomía del cloroplasto. La anatomía del mesófilo se observó en el foliolo central de hojas trifoliadas jóvenes de la línea tolerante desarrollada con 2 mg L^{-1} de Fe y pH 6, como testigo, y de las dos líneas desarrolladas sin Fe, como tratamientos contrastantes. Para la preparación de las muestras se siguió la metodología descrita por Maldonado-Torres *et al.* (2006).

Contenido de clorofila y capacidad fotosintética. Como una medida indirecta de la concentración de clorofila, se realizaron lecturas SPAD en las hojas jóvenes recientemente desarrolladas. La tasa fotosintética se cuantificó por medio de un sistema portátil de análisis de gases (IRGA) LI-6200, LI-COR, Lincoln.

Concentración nutrimental. A las hojas jóvenes colectadas se les determinó la concentración nutrimental de Fe, para lo cual las muestras vegetales fueron digeridas con una mezcla de ácido nítrico y perclórico en proporción 2:1. Las lecturas se obtuvieron por espectrofotometría AES-ICP, en un equipo Varian, Liberty II.

Los datos de las variables consideradas fueron sometidos a un análisis de varianza de los efectos factoriales y pruebas de comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

El suministro de Fe y el pH de la solución nutritiva provocaron respuestas morfológicas, fisiológicas y nutrimentales diferentes en las hojas de los genotipos o líneas de frijol tolerante y susceptible a clorosis férrica. En ausencia de Fe, las hojas de la línea tolerante presentaron un mesófilo más organizado, un parénquima más compactado, menos espacios intercelulares, aunque, escasa cantidad de cloroplastos y de menor tamaño respecto de las hojas verdes sin clorosis férrica (Figura 1). Por su parte, en las hojas cloróticas de la línea susceptible, el mesófilo se mostró desorganizado, con células de forma y tamaño irregular y con aparente ausencia de cloroplastos. En ambas líneas se observó escaso desarrollo de los tilacoides y ausencia de grana.

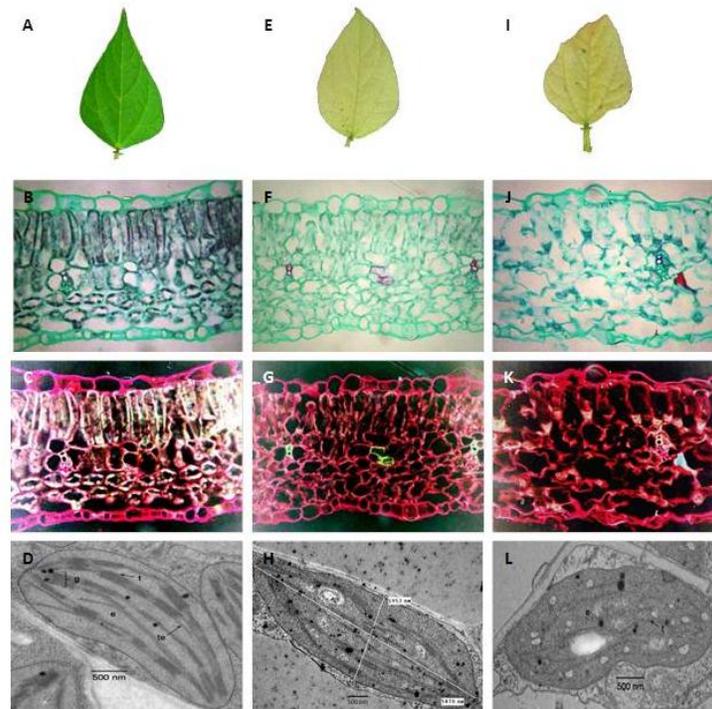


Figura 1. Apariencia de la estructura interna y ultracelular de hojas verdes y cloróticas de líneas de frijol tolerante y susceptible a clorosis férrica. Aspecto de la hoja verde de la línea tolerante (A, B, C, D), con 2 mg L⁻¹ de Fe en la solución, y hojas cloróticas de la línea tolerante (E, F, G, H) y susceptible (I, J, K, L) desarrolladas sin Fe. Sección transversal (B, F, J) e imagen inversa de la sección transversal (C, G, K) observadas en el microscopio compuesto y micrografías electrónicas de transmisión de la estructura de los cloroplastos (D, H, L).

Lecturas SPAD y capacidad fotosintética

Los valores de las unidades SPAD del genotipo tolerante (Cuadro 1) fueron significativamente superiores (22.28) contra la susceptible (14.69). En ambas líneas los mayores valores SPAD se presentaron con un suministro de 2 mg L⁻¹ de Fe en la solución y pH 6.0, mientras que, los más bajos sin suministro de Fe y con pH 8.5. Es conocido que la clorosis férrica puede ser causada por ausencia o suministro subóptimo de Fe (Abadía *et al.*, 2004), o por condiciones de pH alcalino donde la disponibilidad de Fe es baja (Álvarez-Fernández *et al.*, 2007). La línea tolerante y susceptible presentaron las mayores lecturas SPAD (36.27 y 27.75, respectivamente) cuando desarrollaron en una solución nutritiva con un suministro de 2 mg L⁻¹ de Fe y éstas, fueron estadísticamente iguales cuando la línea tolerante creció con 0.5 mg L⁻¹ (28.18) de Fe y la susceptible con 2 mg L⁻¹ de Fe (27.75). Estos resultados indican que la línea susceptible es menos eficaz en la utilización del Fe.

Cuadro 1. Suministro de Fe y valor del pH en la solución nutritiva en las lecturas SPAD de hojas de frijol de genotipos tolerante y susceptible a clorosis férrica.

Genotipo	pH	Suministro de Fe mg L ⁻¹	Lecturas SPAD [†]
Tolerante			22.28 a
Susceptible			14.69 b
			2.42 ^{††}
	6.0		20.45 a
	8.5		16.52 b
			2.42 ^{††}
Tolerante		2.0	36.27 a
Tolerante		0.5	28.18 b
Tolerante		0.0	2.46 d
Susceptible		2.0	27.75 b
Susceptible		0.5	15.36 c
Susceptible		0.0	0.96 d
			6.21 ^{††}

[†] Medias con la misma letra, dentro de la columna y factor, son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$).

^{††} DMS = diferencia mínima significativa.

El efecto de las concentraciones de Fe y pH de la solución nutritiva en la tasa fotosintética de hojas de frijol se muestra en la Figura 2. En los tratamientos con 0.5 y 2 mg L⁻¹ de Fe, la asimilación de CO₂ fue estadísticamente igual, pero significativamente mayor que en el tratamiento sin Fe. Las deficiencias extremas de Fe provocan reducción en el tamaño del follaje, en la capacidad de fijación y reducción de CO₂ y disminución en la velocidad de transporte de electrones (Terry y Abadía, 1986). Römheld y Marschner (1991) indican que la falta de Fe en el follaje disminuye la estabilidad de la membrana de los tilacoides, acompañada de un decrecimiento en la cantidad de pigmentos, tales como clorofila a, b y carotenoides, así como una reducción en la actividad de los fotosistemas, generando un descenso significativo de la fotosíntesis neta. Una baja en la concentración de clorofila no sólo tiene repercusión en la capacidad fotosintética sino también en una mayor absorción de luz por la clorofila, la cual podría foto-inhibir procesos y foto-oxidar compuestos (Álvarez-Fernández *et al.*, 2007).

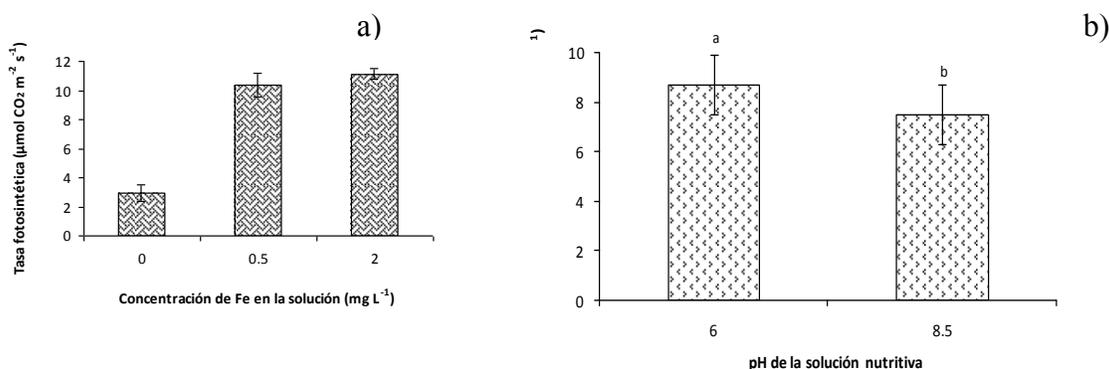


Figura 2. Efecto del nivel de suministro de Fe (a) y pH (b) de la solución nutritiva en la tasa fotosintética de hojas jóvenes de frijol. Los valores representan las medias \pm error estándar ($n = 9, 8$ y 9 para $0, 0.5$ y 2 mg L⁻¹ de Fe, respectivamente; $n = 12$ y 14 para pH 6 y 8.5 , respectivamente).

Las interacciones Fe por línea y Fe por pH en la fijación de CO₂ en hojas jóvenes mostraron que en ambas líneas de frijol, los valores más altos se obtuvieron cuando se agregaron 2 mg L⁻¹ ($10.62 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y 0.5 mg L⁻¹ ($12.33 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de Fe en la solución nutritiva en la línea susceptible y tolerante, respectivamente, valores que fueron estadísticamente distintos entre líneas, lo cual es indicador de la diferencia entre éstas en la capacidad de utilización de Fe (datos no presentados). Sin suministro de Fe, la fotosíntesis neta de ambas líneas se afectó severamente. Un estudio relacionado con el proceso de

reverdecimiento de hojas severamente cloróticas (Morales *et al.*, 1990) mostró que la actividad fotosintética tiene una fuerte interrelación con la concentración de clorofila debido a que la deficiencia de Fe de la hoja afecta principalmente la fisiología de los cloroplastos.

Conclusiones

El suministro de Fe y el pH de la solución nutritiva provocaron respuestas morfológicas y fisiológicas diferentes en las hojas de los genotipos o líneas de frijol tolerante y susceptible a clorosis férrica. La estructura del mesófilo de la hoja clorótica del genotipo tolerante se mostró organizada pero con el parénquima esponjoso más compactado que en la hoja verde y con escasos cloroplastos y de menor tamaño. En la hoja clorótica del genotipo susceptible, el mesófilo presentó estructura desorganizada, con células de forma y tamaño irregular y, con aparente ausencia de cloroplastos. En hojas cloróticas de ambas líneas, el desarrollo de los tilacoides fue escaso y sin formación de grana. En cualquier condición de suministro de Fe y pH del medio, la línea de frijol tolerante presentó lecturas SPAD y fotosíntesis neta más alta que la línea susceptible. La concentración de Fe en la hoja en ambas líneas se incrementó conforme aumentó el suministro de Fe y ésta disminuyó a pH 8.5.

Literatura Citada

- Abadía, J., A. Álvarez-Fernández, A. D. Rombolà, M. Sanz, M. Tagliavini, and A. Abadía. 2004. Technologies for the diagnosis and remediation of Fe deficiency. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50: 965-971.
- Álvarez-Fernández, A., J. Abadía, and A. Abadía. 2007. Iron deficiency, fruit yield and fruit quality. *In: L. L. Barton, J. Abadía (ed.). Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms.* Springer Dordrecht, The Netherlands. pp: 85-101.
- Bertamini, M. and N. Nedunchezian. 2005. Grapevine growth and physiological responses to iron deficiency. *J. Plant Nutr.* 28: 737-749.
- Fernández, V., T. Eichert, V. Del Río, G. López, J. A. Heredia G., A. Abadía, A. Heredia, and A. Abadía. 2008. Leaf structural changes associated with iron deficiency chlorosis in field-grown pear and peach: physiological implications. *Plant Soil* 311: 161-172.
- Larbi, A., A. Abadía, J. Abadía, and F. Morales. 2006. Down coregulation of light absorption, photochemistry, and carboxylation in Fe-deficient plants growing in different environments. *Photosynthesis Res.* 89: 113-126.
- Lobreaux, S. and J. F. Briat. 1991. Ferritin accumulation and degradation in different organs of pea (*Pisum sativum*) during development. *Biochem. J.* 274: 601-606.
- Maldonado-Torres, R., J. D. Etchevers B., G. Alcántar G., J. Rodríguez A., and M. T. Colinas L. 2006. Morphological changes in leaves of Mexican lemon affected by iron chlorosis. *J. Plant Nutr.* 29: 615-628.
- Morales, F., A. Abadía, and J. Abadía. 1990. Characterization of the xanthophylls cycle and other photosynthetic pigment changes induced by iron deficiency in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Plant Physiol.* 94: 607-613.
- Platt-Aloia, K. A., W. W. Thomson, N. Terry. 1983. Changes in plastid ultrastructure during iron-mediated chloroplast development. *Protoplasma* 114: 85-92.
- Ramírez, V. P. and J. Kelly D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. *Euphytica* 99:127-136.
- Rombolà, A. D. and M. Tagliavini. 2007. Iron nutrition of fruit tree crops. *In: L. L. Barton, J. Abadía (ed.). Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms.* Springer. Dordrecht. The Netherlands. pp: 61-83.
- Römheld, V. and H. Marschner. 1991. Function of micronutrients in plant. *In: J. J. Mortvedt, F. R. Cox, L. Shuman, R. M. Welch (ed.). Micronutrients in agriculture.* Soil Sci. Soc. of Am., Madison, WI, USA. pp: 297-328
- Schmidt, W. 2003. Iron homeostasis in plants: sensing and signaling pathways. *J. Plant Nutr.* 26: 2211-2230.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: International Society for Soilless Culture. Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture.* Wageningen, The Netherlands. pp: 633-650.
- Terry, N. and J. Abadía. 1986. Function of iron in chloroplasts. *J. Plant Nutr.* 9: 609-646.

RESPUESTA FISIOLÓGICA DE LA FRESA A DIFERENTE HUMEDAD DEL SUSTRATO, EN UN SISTEMA DE RAÍZ DIVIDIDA

Susana García Téllez¹, Philippe Lobit¹, Luis López-Pérez¹

Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo¹. E-mail: lexquilax@yahoo.com.mx.

Resumen

Este trabajo tuvo como objetivo, evaluar el efecto de dos niveles de humedad en el sustrato en un sistema de raíz dividida sobre parámetros fisiológicos de plantas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). Un tratamiento consistió en mantener al 100% de humedad aprovechable (HA) ambos lados (control). El otro, se mantuvo un lado al 100% de HA y el otro al 75% de HA (Secado Parcial de Raíz, SPR). Los niveles de humedad se ajustaron por pesada cada dos días, con una solución nutritiva de Hoagland. A los 45 días después del establecimiento de los tratamientos, se evaluó la tasa de asimilación neta de CO₂ (A), la conductancia estomática (G_s), la transpiración, la eficiencia de uso del agua (A/G_s) y el índice de daño de la membrana de las células de la raíz (IDM). Así también como parámetros del crecimiento como área foliar, materia seca, longitud y volumen de raíz. Los resultados mostraron un incremento significativo de la longitud y el volumen radical y el IDM en el tratamiento SPR. También, se observó una disminución en el crecimiento y G_s. Sin embargo, esta disminución no se vio reflejada con una disminución de A. Este trabajo, mostró que el SPR ocasionó una ligera disminución en el crecimiento de las plantas de fresa y un daño en la integridad de las membranas de las células de la raíz. Sin embargo las plantas incrementaron su tasa fotosintética y la eficiencia en el consumo del agua.

Palabras clave: biomasa, eficiencia del uso del agua, fotosíntesis, intercambio gaseoso, disponibilidad hídrica.

Abstract

In order to evaluate the effect of substrate humidity in split root system on physiological parameters in strawberry plants (*Fragaria x ananassa* Duch), an experiment was conducted. The experiment was performed with two humidity treatments, control (100% both sides) and root partial drying (100% one side and 75% other). The humidity levels were fit every two days with solution nutritive of Hoagland. To 45 days after establishment of treatments, net CO₂ assimilation rate (A), stomatal conductance (G_s), transpiration, water use efficiency (A/G_s) and membrane damage index (MDI) and growth parameters as foliar area, biomass and root length and volume were measured. The results showed a significant increase of root length and volume on root partial drying treatment. In addition the growth and G_s decreased. However this was not affected A that increased. This study revealed that root partial drying decreased slightly the growth of strawberry plants, produced membrane damage of root cells and increased the net CO₂ assimilation rate and water efficiency use.

Key Words: biomass, water use efficiency, photosynthesis, gas exchange, hydric availability.

Introducción

El déficit hídrico es uno de los principales factores con mayor impacto en la inhibición de los diferentes procesos fisiológicos y morfológicos, durante el crecimiento y desarrollo de los cultivos. La falta de agua entre otras cosas, ocasiona una disminución de la tasa fotosintética, del crecimiento y la producción. Las raíces en condiciones de déficit hídrico, juegan un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo del vástago, pues son el primer órgano que detecta los cambios de humedad del suelo (López-Ordaz *et al.*, 2008). Las raíces, sintetizan y envían señales bioquímicas a través del sistema vascular para regular el crecimiento e intercambio de gases, los cuales son procesos que regulan la pérdida de agua por transpiración a través de los estomas (Davies *et al.*, 2000). Así mismo, las plantas han desarrollado mecanismos para incrementar la eficiencia en el uso del agua (Chaves *et al.*, 2002). El cierre estomático en respuesta a las señales químicas sintetizadas en raíces en estrés hídrico, es generalmente aceptado como el principal factor que determina la disminución de la fotosíntesis (Medrano *et al.*, 2003). Flexas *et al.* (2002), mencionan que la conductancia estomática puede ser un buen indicador de la intensidad del estrés

hídrico en relación con la fotosíntesis. Ghaderi y Siosemardeh (2011), trabajando con dos cultivares de fresa en condiciones de estrés hídrico moderado y severo, observaron una disminución de la fotosíntesis, la conductancia estomática entre otras variables fisiológicas conforme disminuyó la disponibilidad hídrica del sustrato. En plantas de fresa expuestas a sequía, el cierre estomático puede ser mediado por un rápido incremento del ácido abscísico sintetizado en la raíz (Blanke y Cooke, 2004). La fresa es un cultivo que requiere de una buena humedad del suelo para que se obtengan altas producciones. De ahí que el riego en este cultivo sea una actividad de suma importancia en la producción. Actualmente, en la región fresera de Michoacán, los nuevos sistemas tecnificados de producción utilizan sistemas de riego por goteo con cintilla. A pesar de esto, tanto la distribución como la disponibilidad de agua en el suelo nunca es la misma en la zona de exploración de las raíces por diferentes razones (forma y tamaño de surco, textura del suelo, etc.). Por lo que, parte del sistema radicular de las plantas, se encontrará en zonas donde la disponibilidad de agua es limitada. En estas zonas, las raíces se encontrarán en condiciones de déficit hídrico. El objetivo de este trabajo fue, caracterizar la respuesta de plantas de fresa a diferentes disponibilidades hídricas del sustrato en un sistema de raíz dividida, a través de su respuesta en el crecimiento, tasa de fijación de CO_2 (A), transpiración y conductancia estomática (G_s).

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en condiciones de invernadero durante los meses de julio a septiembre de 2011 en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Morelia Michoacán. Se utilizaron plantas de fresa cultivar "festival" provenientes de un vivero de Estados Unidos. Previo al establecimiento del experimento, las plantas se plantaron en un almacigo con una mezcla de peatmos y agrolita (4:1 v/v) con la finalidad de estimular el crecimiento radicular. Dos semanas después de su establecimiento, 20 plantas fueron trasplantadas a los dispositivos de raíz dividida. Estos estaban conformados por dos recipientes de unicel (1L) unidos con silicón por su parte superior y montado sobre una base del mismo material (Figura 1).



Figura 1. Dispositivo de raíz dividida.

Ambos recipientes estaban perforados en el fondo para el drenado y se utilizó vermiculita como sustrato. Se colocó a cada recipiente una tapa del mismo material para evitar la evaporación. Durante una semana, ambos lados de la raíces se mantuvieron con una humedad aprovechable del 100% utilizando la solución nutritiva de Hoagland (Epstein, 1972). Posteriormente, se establecieron dos tratamientos con distinta humedad aprovechable (HA) en el sustrato, un control (100% de HA, en ambos lados) y el otro parcialmente regado (SPR) (100% un lado y 75% el otro). El nivel de humedad se ajustó cada dos días mediante el peso de dispositivos control. El 100% de humedad aprovechable correspondió a la capacidad del contenedor equivalente a una retención de humedad de 0.84 L por dispositivo. Se mantuvieron en estas

condiciones de disponibilidad hídrica durante un mes y al final se evaluó, la tasa de fijación de CO₂ (A), la conductancia estomática (G_s) y la transpiración medida a medio día (Pinza fotosintética Licor, PAR 1600 μmol m⁻² s⁻¹), el área foliar (planímetro, LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska USA, Modelo LI-3100), materia fresca y seca de cada órgano (balanza analítica Mettler Toledo), la longitud (regla), volumen radical (por desplazamiento de volumen) y el índice de daño en la membrana (IDM). Este fue determinado por el método descrito por López-Pérez et al. (2010) con ligeras modificaciones. Se tomaron 5 cm de raíz a partir del ápice y se colocó en un matraz con 150 ml de agua desionizada en agitación y a temperatura ambiente durante 3 h. Después de esto, la conductividad eléctrica de la solución fue medida y se refirió como C0. Después, la raíz se congeló a -80°C durante 24 hrs. Posteriormente se puso nuevamente en agitación con 150 ml de agua durante 3 h y al final se midió la conductividad y se refirió como CT. La conductividad eléctrica del agua antes de la inmersión de las raíces también se midió y se refirió como Cw. El porcentaje de daño se calculó con la siguiente ecuación: ID = [(C0-Cw)/(CT-Cw)]*100. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con dos niveles de humedad aprovechable: testigo y SPR con cinco repeticiones, la unidad experimental fue un dispositivo. Los datos se procesaron estadísticamente utilizando el software SPSS v.15 para Windows.

Resultados y Discusión

El sistema de raíz dividida se ha utilizado para mostrar que, muchos de los efectos del estrés hídrico pueden ser explicados por la señalización química entre la raíz y el resto de la planta, sin causar cambios en las relaciones hídricas (Gowing *et al.*, 1990). Por otro lado, una respuesta de las plantas al déficit hídrico, es una reducción en el crecimiento vegetativo. El análisis estadístico de los resultados mostró, que el secado parcial de la raíz en general ocasionó una reducción no significativa de variables relacionadas con el crecimiento de la planta. El área foliar, la materia seca de corona y raíz, disminuyeron un 25% en promedio. Por su parte, la materia seca foliar disminuyó en un 26% siendo esta disminución significativa. Resultados similares reporta Grant *et al.* (2010) quienes trabajando con 10 diferentes cultivares de fresa en condiciones de estrés hídrico, reportan una disminución del crecimiento, en particular el área foliar, número de hojas, así como, la materia seca de hojas y raíz en plantas a menor disponibilidad de agua en el sustrato. Por otro lado, el secado parcial ocasionó un incremento significativo de la longitud y el volumen radical (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto de la disponibilidad hídrica sobre variables fisiológicas en plantas de fresa. Los resultados son el promedio de cinco repeticiones ± el error estándar.

Variable	Control	Secado Parcial de Raíz	Significancia
Área foliar (m ²)	1374.05 ± 75.26	1029.59 ± 129.87	ns
Materia seca foliar (g)	14.14 ± 0.83	10.44 ± 0.22	*
Materia seca corona (g)	4.70 ± 0.53	3.43 ± 0.55	ns
Materia seca raíz (g)	3.65 ± 0.33	3.16 ± 0.12	ns
Longitud de raíz (cm)	23.625 ± 1.11	37.85 ± 0.59	**
Volumen de raíz (m ³)	82 ± 13.47	259 ± 21.93	**
Tasa neta de fijación de CO ₂ (A) (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)	16.31 ± 1.03	20.19 ± 0.38	**
Conductancia estomática (G _s) (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	109.63 ± 8.26	92.24 ± 5.55	ns
Eficiencia del uso del agua (A/G _s)	0.15 ± 0.005	0.22 ± 0.008	***
Transpiración (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	3.76 ± 0.28	4.14 ± 0.16	Ns

ns = no significativo; *,** y *** significativo con una P ≤ 0.05, ≤ 0.01 y ≤ 0.001 respectivamente mediante la prueba de Tukey.

Este incremento, se pudo deber a que las plantas ante el déficit hídrico promueven un mayor crecimiento de las raíces para tener un mayor espacio de exploración del sustrato para satisfacer la demanda de agua. De igual modo, se observó esta diferencia cuando se evaluaron estas variables de manera independiente en

el tratamiento con secado parcial (datos no mostrados). La conductancia estomática tuvo una disminución no significativa del 16% aproximadamente. Estos datos concuerdan con los reportados por Ghaderi y Siosemardeh (2011) y Grant et al. (2010) trabajando ambos con fresa en condiciones de déficit hídrico. A pesar de esta disminución, no se vio afectada la tasa de fijación neta de CO_2 ni la transpiración. Que en plantas con secado parcial estos valores se incrementaron; así como la eficiencia en el uso del agua (A/G_s). Flexas et al. (2004) reportan que limitaciones no estomáticas para A ocurren cuando G_s se redujo por debajo de $0.05 \text{ molCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$. El incremento de la relación A/G_s , se ha observado ya en fresa (Ghaderi y Siosemardeh, 2011 y Grant et al., 2010). La G_s usualmente coincide con patrones de variación del uso eficiente del agua en respuesta al déficit hídrico. La máxima relación entre A/G_s se alcanza en el límite entre la limitación metabólica y la disfunción de la fotosíntesis. Finalmente el índice de daño en la membranas de las células de la raíz, incrementó significativamente en el tratamiento con secado parcial con casi 2.5 veces (Figura 2.). Este daño en la membrana, se ha observado tanto en fresa (Ghaderi y Siosemardeh, 2011) como en otros cultivos (López-Pérez et al., 2010). Estos autores mencionan que tanto estrese hídricos como salinos ocasionan daño en la permeabilidad de las membranas debido a cambios en su composición lipídica y a la actividad de las acuaporinas.

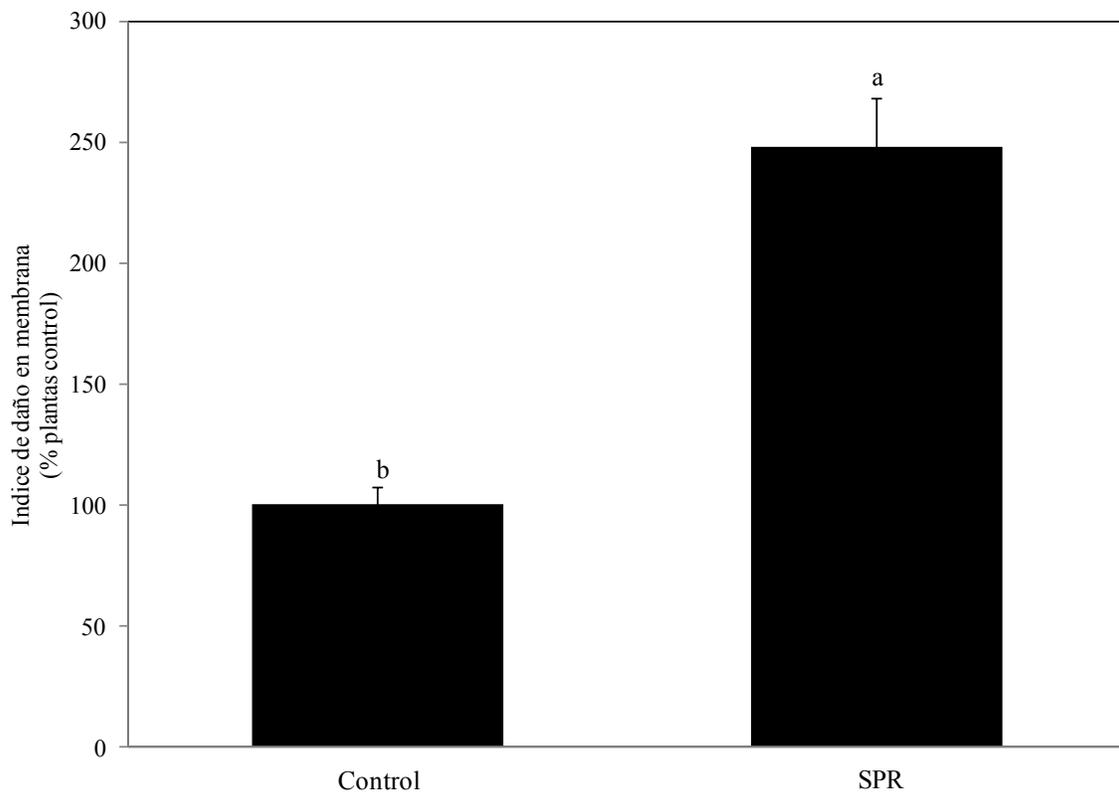


Figura 2. Efecto de la disponibilidad hídrica sobre el índice de estabilidad de la membrana de células de la raíz en plantas de fresa. Los resultados son el promedio de cinco repeticiones \pm el error estándar. Columnas con distinta letra son estadísticamente significativas (Tukey, $P < 0.05$).

Conclusiones

Como conclusiones podemos mencionar que el secado parcial de la raíz ocasionó una ligera disminución en el crecimiento de las plantas de fresa. Para tratar de aminorar el secado parcial de la raíz, la planta estimuló el crecimiento y volumen radical. A pesar de esto, se observó un daño en la integridad de las membranas de las células de la raíz. Se observó una disminución de la conductancia estomática en el tratamiento con secado parcial. Sin embargo, la tasa de fijación de CO_2 se incrementó, aunque no se vio reflejado con un incremento en el crecimiento vegetativo. Es probable que bajo este sistema de raíz

dividida, se pueda estimular en la parte con secado parcial una señalización al vástago con la finalidad de mantener las relaciones hídricas y el intercambio de gases.

Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por el Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP-SEP), dentro del Apoyo a la reincorporación de ex-becarios y por la Coordinación de la Investigación Científica de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Literatura citada

- Blanke, M.M. and D.T. Cooke. 2004. Effect of flooding and drought on stomatal activity, transpiration, photosynthesis, water potential and water channel activity in strawberry stolons and leaves. *Plant Growth Regulation* 42: 153-160.
- Chaves, M.M., Pereira, J.S., Maroco, J.P., Rodrigues, M.L., Ricardo, C.P.P., Osorio, M.L., Carvalho, I., Faria, T. and Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field. *Photosynthesis and growth. Annals of Botany* 89: 907-916.
- Davies, W. J., Bacon, M. A., Thompson, D. S., Sobeih, W. and Rodriguez, G. L. 2000. Regulation of leaf and fruit growth in plants growing in drying soil: exploitation of the plants chemical signalling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. *Journal of Experimental Botany* 51:1617-1626.
- Epstein, M. 1972. *Mineral nutrition of plants: principles and perspectives*. Wiley International Edition. USA. 412 p.
- Flexas, J., Bota, J.M. Escalona, B. Sampol, and H. Medrano. 2002. Effect of drought on photosynthesis in grapevine under field conditions: an evaluation of stomatal and mesophyll limitations: *Functional Plant Biology* 29: 461-471.
- Gowing, D. J. G., Davies, W. J. and Jones, H. G. 1990. A positive root-sourced signal as an indicator of soil drying in apple, *Malus domestica* Borkh. *Journal of experimental botany* 41: 1535-1540.
- Grant O.M., Johnson A.W., Davies M.J., James C.M. and Simpson D.W. 2010. Physiological and morphological diversity of cultivated strawberry (*Fragaria × ananassa*) in response to water deficit. *Environmental and Experimental Botany* 68: 264-272.
- López-Ordaz, A., Trejo-López, C., Peña-Valdivia, C.B., Ramírez-Ayala, C., Tijerina-Chavez L. and Carrillo-Salazar, J.A. 2008. Secado parcial de la raíz de jitomate: efectos en la fisiología de la planta y calidad de fruto. *Agricultura Técnica en México* 34: 297-302.
- López-Pérez, L., Martínez-Ballesta, M.C., Maurel, C. and Carvajal, M. 2010. Changes in plasma membrane lipids, aquaporins and proton pump of broccoli roots, as an adaptation mechanism to salinity. *Phytochemistry* 70: 492-500.
- Medrano, H., J.M. Escalona, J. Cifre, J. Bota, and J. Flexas. 2003. A ten- year study on the physiology of two Spanish grapevine cultivars under field conditions: effect of water availability from leaf photosynthesis to grape yield and quality. *Functional Plant Biology* 30:607-619.

DISEÑO DE SIMULADOR WEB PARA EVALUAR ZONAS CON CAPACIDAD DE USO URBANO EN VILLAHERMOSA TABASCO

¹Morales Garduza Marcos Antonio, Zavala Cruz Joel, Palma López David Jesús,
Vargas Villamil Luis

Colegio de Postgraduados Campus-Tabasco Periférico Carlos A. Molina S/S Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km 3, H. Cárdenas Tabasco. ¹morales.marcos@colpos.mx

Resumen

Se desarrolló una metodología para evaluar en línea la capacidad de uso urbano del suelo. El trabajo consistió en diseñar un modelo matemático integrado por factores y variables ambientales. Posteriormente, se publicó en un simulador web, en el cual se diseñó la interface para el manejo del simulador y presentación de resultados. Los factores principales en la evaluación fueron: inundación, relieve, pendiente del terreno, suelo y uso del suelo. El modelo se diseñó en el programa Stella IV y se convirtió el algoritmo al programa Web Forio Simulate (Forio, 2011). Se concluye que el simulador web es una herramienta útil para la evaluación de recursos naturales, permitiendo la difusión de nuevos modelos, la evaluación en línea y el aprovechamiento del recurso. El simulador está disponible en la siguiente dirección: http://forio.com/simulate/socram_1982/usuvp.

Palabras clave: uso urbano, evaluación de tierras, simulador web

Abstract

We developed a methodology to assess the ability of online urban land use. The work was to design a mathematical model composed of factors and environmental variables. Subsequently published in a web simulator, which was designed for the management interface of the simulator and results presentation. The main factors in the evaluation were: flood, relief, slope, soil and land use. The model was designed in the program Stella IV and became the program's algorithm Simulate Web Forio (Ischia, 2011). We conclude that the simulator is a useful site for natural resource assessment, permitting the diffusion of new models, online assessment and utilization. The simulator is available at the following address: http://forio.com/simulate/socram_1982/usuvp.

Key Words: urban use, land evaluation, web simulator.

Introducción

La evaluación del recurso suelo se realiza mediante levantamientos sistemáticos, cuyo objetivo es describir sus características y propiedades en una área, clarificarlos y situar sus límites en un mapa, lo cual permite conocer la distribución de estos, hacer predicciones sobre su comportamiento y definir cómo utilizarlo (Porta *et al.*, 2003). En general los estudios de suelos se centran en proporcionar información para mejorar la producción agrícola, forestal y pecuaria, es por ello que existe poca información de suelos enfocados hacia el uso urbano sustentable.

En el estado de Tabasco, la mayoría de las ciudades siguen creciendo en llanuras aluviales que cada año sufren inundaciones, con la consecuente pérdida de bienes materiales, por lo que es necesario la aplicación de programas de atención a zonas de desastre, obras de defensa contra inundaciones, y reubicación de los habitantes a nuevas colonias; todo ello a un alto costo económico. El problema no se resuelve porque se continúan urbanizando planicies aluviales de alto riesgo (Zavala *et al.*, 2009). Una alternativa de solución no estructural consiste en planificar el uso del suelo de los asentamientos humanos, con base en la incorporación de métodos para cuantificar factores y variables del suelo, que permitan conocer la capacidad de uso del suelo urbano, y zonificar los más viables y seguros para los futuros habitantes de la ciudad, evitando la exposición a inundaciones.

En ese sentido, la modelación matemática es una herramienta que puede facilitar la evaluación e interpretación de datos, pues un modelo matemático es una descripción, desde el punto de vista de las matemáticas, de un hecho o fenómeno del mundo real. Así, por ejemplo, se puede modelar la evolución

del número de habitantes de una ciudad, hasta los fenómenos físicos y ambientales, así, como la velocidad, aceleración o densidad de cualquier fenómeno relacionado al uso del suelo. Aunado a lo anterior, la utilidad y la evaluación de las herramientas que se desarrollan por los investigadores dentro del laboratorio, depende de la exposición a los actores involucrados en dichos fenómenos. Con el avance de la tecnología de la información y a la luz de las tendencias que se predicen para los próximos años, es posible y conveniente desarrollar y publicar simuladores para la utilización y evaluación, en tiempo real, de los modelos relacionados a cualquier fenómeno.

Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue desarrollar y publicar en la Web un modelo matemático dinámico que permita clasificar zonas para uso urbano tomando como criterio aspectos edafológicos y ambientales.

Materiales y Métodos

Se utilizó una computadora con conexión a Internet. Se realizó una revisión bibliográfica a fondo para definir los factores y variables a utilizar, obteniéndose una clasificación con cinco niveles. Para generar el modelo matemático se utilizó el programa Stella IV. Se ponderó las variables asignándole el mismo % de importancia a cada factor. Posteriormente, se convirtió el algoritmo obtenido del software al programa Web Forio Simulate (Forio, 2011) y se desarrolló la interface del simulador para la interacción con los usuarios.

Resultados y Discusión

Con base en la bibliografía consultada, se proponen los factores, variables y clases para la evaluación de tierras con capacidad de uso urbano, para la ciudad de Villahermosa y la zona conurbada (Cuadro 1). Las clases de restricción para el uso urbano son: I no tiene, II ligera, III, moderada, IV alta y V muy alta. Los factores utilizados son: a) Inundación, determinada en términos de frecuencia y para ello se adoptaron los criterios propuestos por Soil Survey Staff (1993); b) Relieve, en dos grandes ambientes: las planicies aluviales y terrazas estructurales (Ortiz *et al.*, 2005), el primero lo conforman las llanuras aluviales alta y baja, playas de meandro, cubetas de decantación, cauces inactivos y zona de transición; las terrazas están integradas por: loma plana, cima, loma inclinada, lomerío plano a cóncavo y laderas inclinadas; c) Pendiente del terreno, tomando como referencia el trabajo de Charman y Murphy (2007) en el que proponen la pendiente asociada a relieves para asignar el uso urbano de la tierra, en las planicies aluviales las pendientes serán de < 1 a 3 % y para las terrazas de 3 a > 30 %; d) Suelo, las variables fueron tomadas de Porta *et al.* (2003), Charman y Murphy (2007) e IMTA (1988), considerando la profundidad, drenaje, gleyzación, materia orgánica, arcilla expandible y capacidad de intercambio de cationes, como un indicador de fertilidad del suelo; e) uso de suelo y vegetación, tomado de Cadiñanos y Meaza (1998) y modificado por Zavala-Cruz *et al.* climax (hidrófita, riparia, selva, bosques) serán los de mayor restricción para uso urbano. En la Figura 1 se observa la interface que se publicó en la web, la cual se compone por la sección de características del terreno, donde el usuario tiene que seleccionar de cada factor una variable que posea su terreno.

Cuadro 1. Factores y variables en la evaluación de zonas para uso urbano.

Factor	variables	Clases				
		I	II	III	IV	V
¹ Inundación		Ninguna	Rara	Ocasional	frecuente	común
² Relieve	Llanura aluvial	----	-----	Transición planicie aluvial-terrazza, llanura aluvial alta	Llanura aluvial baja	Cubeta de decantación, Cauce inactivo
	Terraza	Loma ligera y moderadamente ondulada, cima de loma	Lomerío plano, lomerío inclinado	Lomerío inclinado	Lomerío inclinado	Ladera muy inclinada
³ Pendiente (%)	Llanura aluvial	---	----	1-3	1-2	<1
	Terraza	3-10	10-20	20-30	>30	>30
⁴ Suelo	Profundidad (cm)	>150	100-150	50-100	10-50	<10
	Drenaje	Excesivamente drenado, Bien drenado		Imperfectamente drenado	Pobrementemente drenado	Muy pobrementemente drenado
	presencia de Gley (cm)	>150	100-150	50-100	25-50	0-25
	Materia orgánica (%)	<5	5-10	10-15	15-20	>20
	Arcilla expandible capa 0-75 cm (%)	<30	30-40	40-50	50-60	>60
	fertilidad CIC (cmol(+)kg ⁻¹)	<15	15-25	25-30	30-40	>40
⁵ Proximidad de la vegetación al clímax		Ausente, pastizales, cultivos anuales	Matorrales	Secundaria arbórea joven, plantaciones forestales	Secundaria arbórea madura, cultivos perennes	Vegetación clímax: hidrófita, selvas, riparia, bosques

Fuente: ¹ Soil Survey Staff (1993)^{2,3} Adaptado de Charman y Murphy (2007)⁴ Adaptado de Porta *et al.* (2003)⁵ Cadiñanos y Meaza (1998), modificado por Zavala-Cruz *et al.* (2009).

Simulador de Capacidad de Uso Urbano de la Tierra
 Morales-Garduza, M. A.; Vargas-Villamil, L.; Zavala, C. J.; Palma-Lopez, D.J (socram_1982@hotmail.com)

Características del terreno	Resultado	Capacidad de uso urbano
Inundacion: ninguna	Time: 0	80-100 % Sin restricción para el uso urbano 60-80 % Ligera restricción para el uso urbano 40- 60 % Moderada restricción para el uso urbano 20- 40 % Alta restricción para el uso urbano 0- 20 % Muy alta restricción para el uso
Relieve: LMO, Cima de lomas	Nomenclatura:	
Pendiente: 3-10 %	CA= Cultivos anuales	
Profundidad: > 150 cm	CP= Cultivos perennes	
Drenaje: Bien drenado	LLA= Llanura aluvial	
Presencia de Gley:	LLI= Llanura de inundación	
Uso de suelo: SD,PAZ,CA	LMO= Lomerío ondulado	
Arcilla expandible 0-75 cm: < 30 %	PAZ= Pastizal	
Materia orgánica: < 5 %	PF= Plantaciones forestales	
Fertilidad (CIC): < 15 (cmol(+)kg ⁻¹)	SD= Suelo desnudo	
NOTA: para iniciar pulse el boton de cambiar variables y posteriormente seleccione los valores de las características del terreno, si no cambia pulse el boton correr modelo.		0-20 % Muy alta restricción para el uso
		Cambiar Variables Correr el modelo
		Modelo

Figura 1. Interface publicada en la web para determinar la capacidad de uso de la tierra

En la sección de resultado aparece el índice de capacidad de uso de suelo urbano (ICUSU), que es el valor en % que el simulador le asigna, este se compara con la tabla de capacidad de uso de suelo urbano, la cual está dividida en las 5 clases. Dentro del simulador hay un botón para explorar el modelo diseñado en el programa Stella IV.

Conclusión

Se concluye que el simulador web es una herramienta útil para la evaluación del uso de suelo urbano, permitiendo la difusión de nuevos modelos, la evaluación en línea y el aprovechamiento de recurso por un número amplio de investigadores, tomadores de decisiones a nivel de gobierno y público en general.

Literatura Citada

- Cadiñanos, J.A. y G. Meaza. 1998. Bases para una biogeografía aplicada: criterios y sistemas de valoración de la vegetación. Geoforma Ediciones. Logroño, España.
- Charman P.E.V. and B.W. Murphy. 2007. Soils their properties and management. Oxford University Press. Third edition. Hong Kong. 461 p.
- Forio, 2011. Forio Simulate. <http://forio.com/>.
- IMTA. 1989. Manual de clasificación, cartografía e interpretación de suelos con base en el sistema de taxonomía de suelos. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Cuernavaca, Mor.
- Ortiz, P. M.A., C. Siebe y S. Kram. 2005. Diferenciación ecogeográfica de Tabasco. Cap. 14:305-322. In: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (Eds.) Biodiversidad del estado de Tabasco, 386 p. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México.
- Porta, C. J., M. López-Acevedo y C. Roquero L. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. 929 p.
- Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service US. Department of Agriculture Handbook 18.
- Zavala-Cruz J., O. Castillo A., A. I. Ortiz C., D. J. Palma-López, J. F. Juárez L., S. Salgado-García, J. A. Rincón-Ramírez, E. Moreno C., R. Ramos R. 2009. Capacidad de uso del suelo urbano en Tabasco, con base en suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 188 p + anexo cartográfico.

USO DE IMÁGENES SATELITALES PARA DETERMINAR SUPERFICIES CULTIVADAS DE MAÍZ

Soria-Ruiz, Jesús¹ y Fernández-Ordoñez Yolanda²

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)¹

soria.jesus@inifap.gob.mx

Colegio de Postgraduados Campus Montecillo (COLPOS)²

Resumen

En un país como México, los sistemas de producción agrícola y el tamaño de las parcelas, dificultan obtener información de superficies cultivadas de manera confiable. El uso de imágenes de satélite de alta resolución espacial tiene aplicaciones directas en el monitoreo de cultivos y de rendimiento. Este artículo se enfoca a la aplicación de las tecnologías satelitales, sistemas de información geográfica y los sistemas de posicionamiento global, para determinar superficies cultivadas de maíz. Desde el 2006, anualmente se utilizan escenas de los sensores SPOT con cubrimiento estatal, y mediante el procesamiento de estas escenas y los trabajos de campo, se actualizan los mapas temáticos de superficies cultivadas de maíz a nivel estatal, delegaciones regionales y municipales del Estado de México. Esta información sirve de apoyo al sector agrícola del gobierno estatal y federal para dimensionar los programas de apoyo al campo que operan en la entidad.

Palabras clave: *Monitoreo de cultivos, Satélite Spot, Maíz.*

Abstract

In Mexico, the agricultural production systems and size parcel, is difficult to collecting information about crops surfaces with high precision. Satellite images with high spatial resolution are using to crops monitoring and crops yield. This paper boards the remote sensing, GIS and GPS tech, in order to determine corn crops areas. Since 2006, year by year we are using SPOT images for all the State of Mexico, and with the process of this scenes and field work, thematic maps of corn crops surfaces are update at state, regional and municipality level. This information is for agricultural support at state and federal government that operate in the State of Mexico.

Key Words: *Crops monitoring, Spot Satellite, Corn.*

Introducción

En general el procesamiento de imágenes consiste en alterar la información visual para obtener mejores resultados o para aislar algunas características particulares de las imágenes. El impacto de esta disciplina ha sido fundamental y afecta a áreas tales como la agricultura y el medio ambiente. En este artículo, el procesamiento de imágenes satelitales está enfocado a su aplicación en la agricultura. Esta actividad no solo contribuye al desarrollo socioeconómico de los países, sino se convierte en un elemento indispensable de la seguridad nacional y del mantenimiento de la paz social de la sociedad rural mexicana (FAO, 1999). En México, las superficies cultivadas de maíz es de alrededor de ocho millones de hectáreas, con una reducción paulatina cada año, no obstante los rendimientos y la producción se han mantenido e incrementado significativamente en algunas regiones maiceras del país.

Desde la perspectiva productiva, el maíz en promedio a nivel nacional se han producido 19.3 millones de toneladas de maíz en los últimos 11 años, con una tasa de crecimiento promedio anual del dos por ciento. En el Estado de México, el maíz es el principal cultivo tanto por la superficie que se siembra como por el volumen de producción que se obtiene. Por ello, tanto el Gobierno del Estado de México, a través de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), como el Gobierno federal, a través de los programas de apoyo al campo, han aportado recursos económicos para seguir impulsando la siembra del maíz en la entidad mediante la aplicación de tecnologías, manteniendo así la superficie cultivada y el volumen de producción.

Los objetivos del presente estudio son: a) determinar la superficie cultivada de maíz del ciclo P-V 2010 a partir del procesamiento de imágenes de satélite y recorridos de campo, b) dar a conocer la distribución espacial del cultivo mediante cartografía temática a nivel estatal, regional y municipal.

Materiales y Métodos

El área de estudio. El presente trabajo se realizó en toda el área de influencia del Estado de México en el ciclo agrícola primavera-verano 2010. En este estudio, fueron incluidos los 125 municipios de la entidad de acuerdo con el Marco Geo-estadístico Municipal (INEGI, 2005).

Frontera agrícola. Como un insumo necesario, se utilizó la cartografía de la frontera agrícola actualizada al 2009 (Soria-Ruiz & Fernandez-Ordóñez, 2010).

Imágenes de satélite. Se utilizaron imágenes de satélite SPOT pancromáticas y multiespectrales correspondientes a tomas de escenas del ciclo agrícola P-V 2010. Previamente, las imágenes seleccionadas fueron sometidas a los siguientes procesos (Ustin, 2004):

- Corrección geométrica y orto-rectificación.
- Distribución de segmentos sobre las imágenes satelitales apoyado en la cartografía de la frontera agrícola en áreas maiceras (Taylor *et al.*, 1997).
- Ubicación de parcelas piloto en los compuestos RGB de las imágenes.
- Generación de firmas espectrales de parcelas piloto (ERDAS, 1999).
- Extracción de la información de las clases espectrales mediante clasificación supervisada.

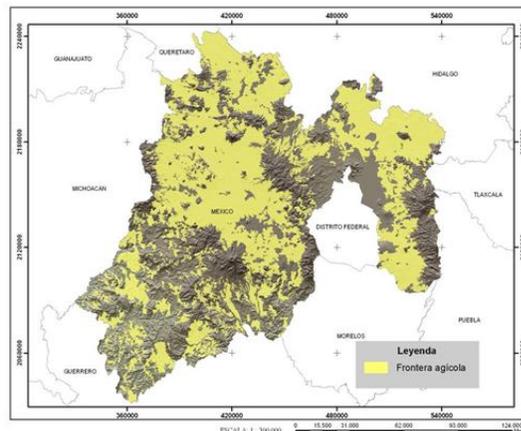


Figura 1. Cartografía de la frontera agrícola del Estado de México actualizada al 2010.

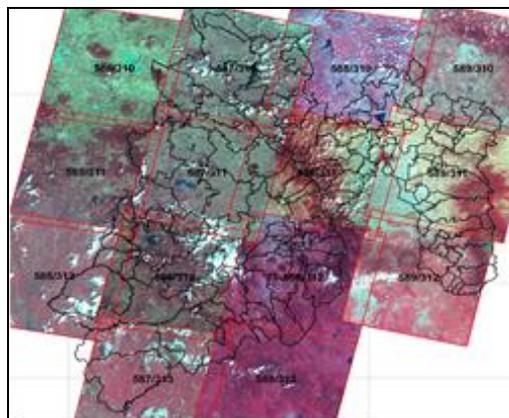


Figura 2. Mosaico de imágenes utilizadas para determinar la superficie cultivada de maíz en el Estado de México, 2010.

Parcelas piloto. Dentro de cada segmento, fueron seleccionadas de manera aleatoria parcelas representativas de maíz, conformando un total de 1,264 parcelas a nivel estatal (figura 3). Cada parcela fue geo-referenciada con equipos GPS para su identificación y ubicación en imágenes de satélite. Estas parcelas fueron utilizadas para generar las firmas espectrales, elemento esencial para determinar la superficie cultivada de maíz en cada una de las regiones agrícolas de la entidad.

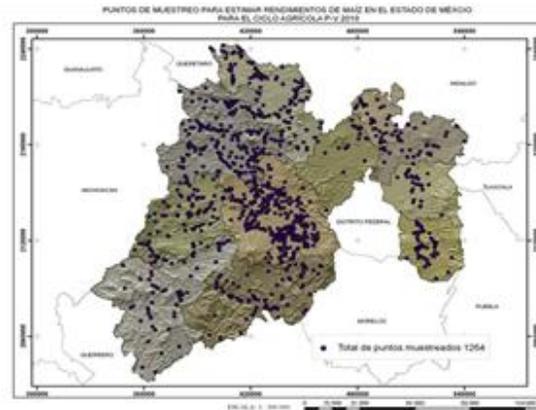


Figura 3. Distribución de parcelas piloto de maíz para la generación de firmas espectrales.

Cartografía temática. Una vez obtenida la superficie cultivada de maíz, fue generada la cartografía temática estatal, por delegación regional y municipal de la distribución espacial del cultivo en el Estado de México.

Cuadro 1. Parcelas piloto utilizadas para generar la firma espectral de maíz.

DELEGACION REGIONAL	PARCELAS PILOTO
Amecameca	73
Atacomulco	234
Ixtapan de la Sal	98
Jilotepec	150
Metepec	381
Tejupilco	73
Teotihuacan	38
Tepetzotlán	28
Texcoco	32
Valle de Bravo	106
Zumpango	51
TOTAL:	1,264

Resultados y Discusión

Superficie cultivada de maíz a nivel estatal. La superficie cultivada de maíz en el Estado de México en el ciclo agrícola P-V 2010, fue de 566,192 hectáreas. Un incremento de 1.6% respecto del ciclo agrícola inmediato anterior. Esto, debido en parte a que el 2010 fue un año benigno, ya que había suficiente humedad en el suelo para las siembras tempranas, propiciadas por las lluvias atípicas registradas a inicios del 2010. En la figura 4 se muestra la distribución espacial de las áreas cultivadas de maíz en el Estado de México del ciclo agrícola P-V 2010.

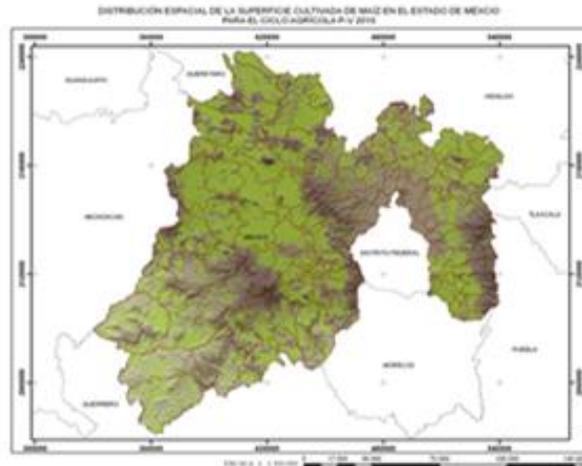


Figura 4. Distribución espacial del maíz en el Estado de México. P-V 2010.

Superficie cultivada por Delegación Regional. Dentro de las regiones productoras de maíz, las delegaciones regionales que tuvieron mayor participación respecto de la superficie sembrada de maíz en el ciclo P-V 2010, en orden descendente fueron: Atlacomulco, Metepec, Jilotepec, Valle de Bravo y Tejupilco. En la figura 5 se muestra la cartografía de la distribución del maíz en las 8 Delegaciones regionales, obtenida a partir del análisis y procesamiento de imágenes de satélite SPOT.

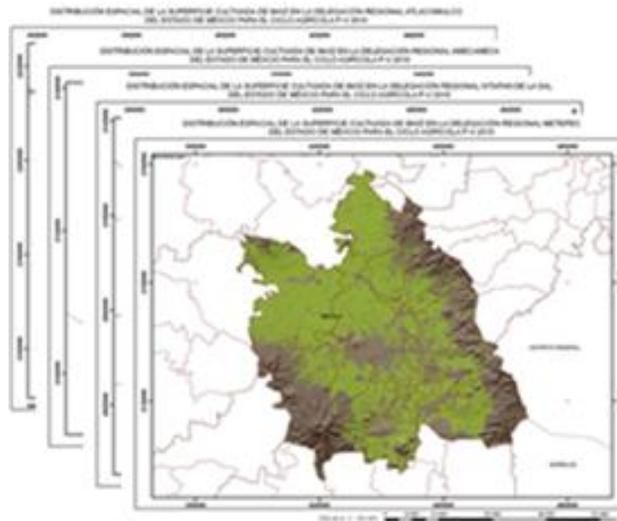


Figura 5. Distribución espacial del maíz por Delegación Regional.

Superficies cultivadas a nivel municipal. De los 125 municipios que conforman el Estado de México, los que reportaron mayor superficie sembrada de maíz en el ciclo P-V 2010 fueron: Almoloya de Juárez, Ixtlahuaca, San Felipe del Progreso, Toluca, San José del Rincón, Acambay, Jocotitlan, Aculco, Jilotepec, Temascalcingo, Villa Victoria, Jiquipilco, Villa de Allende, Atlacomulco y Tlatlaya. Estos 15 municipios concentraron el 46.6 por ciento de la superficie total de maíz en la entidad. En la figura 6 se muestra un ejemplo de la cartografía temática de la superficie cultivada y la distribución espacial del maíz en el municipio de Toluca.

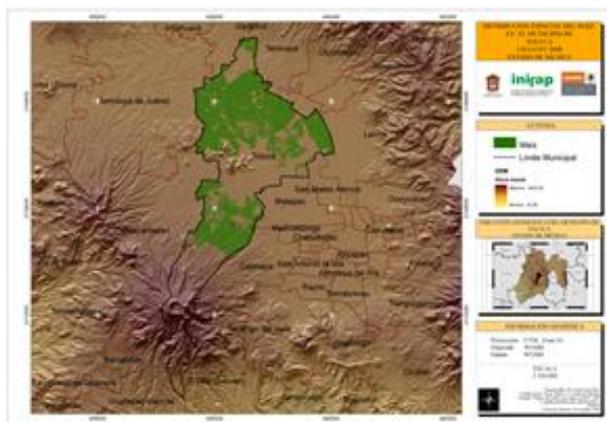


Figura 6. Distribución espacial de la superficie cultivada de maíz del ciclo agrícola Primavera-Verano 2010 en el municipio de Toluca.

Conclusiones

En el ciclo agrícola primavera-verano del 2010, la superficie cultivada de maíz a nivel estatal fue de 566, 192 hectáreas; un incremento en la superficie cultivada respecto del ciclo agrícola inmediato anterior. El uso de imágenes satelitales de alta resolución espacial es un insumo importante para estimar superficies de los principales cultivos en México. Está demostrado que la información que se genera, tiene una precisión superior al 90%, y que se utiliza para los tomadores de decisiones del sector rural en sus tres niveles de gobierno.

Literatura Citada

- ERDAS Imagine. 1999. Erdas, Field Guide. Fifth Edition. Atlanta, Georgia, USA.
- FAO, 1999. Cultivating our future. El carácter multifuncional de la agricultura y la tierra. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 12-16 de sept. Países Bajos.
- INEGI. 2005. Marco Geoestadístico Municipal (MGM 2005). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Aguascalientes, México.
- Soria-Ruiz, J. & Y. Fernandez-Ordóñez. 2010. Methodology to generate yield maps of maize crops. International Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS 2010. Honolulu, Hawaii, USA.
- Taylor, C., C. Sannier, J. Delince and F.J. Gallego. 1997. Regional crop inventories in Europe assisted by remote sensing: 1998-2003. Space Application Institute. Joint Research Centre. European Commission.
- Ustin, L.S. 2004. Remote sensing for natural resources management and environmental monitoring. Third edition, vol 4. John Wiley & Sons, Inc.

COMPENSACIÓN AMBIENTAL Y CAMBIO DE USO DEL SUELO EN EL PARQUE NACIONAL SIERRA DE ÓRGANOS, SOMBRERETE, ZACATECAS

Ruiz-Garduño, Raúl René¹, Márquez-Madrid, Miguel¹, **Blanco-Macías Fidel^{1*}**, Valdez-Cepeda, Ricardo David^{1,2}, Rivera-Aguilar, Alma³, Rocha-Velázquez, Alfredo⁴

¹Centro Regional Universitario Centro Norte. Universidad Autónoma Chapingo. Cruz del Sur No. 100, Col. Constelación, Zacatecas, Zac. CP 98085. Apartado Postal 196, CP 98001. Zacatecas, Zac. México. *Correo- Electrónico: fiblama63@gmail.com

²Unidad Académica de Ingeniería. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera a La Bufa. Zacatecas, Zac. México.

³Estudiante de la Maestría en Desarrollo Rural. Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud. Delegación Coyoacán. C. P. 04960, D. F. México.

⁴Asesor técnico del Ejido Villa Insurgentes, Sombrerete, Zac., México.

Resumen

El Parque Nacional Sierra de Órganos (PNSO) fue decretado el 27 de Noviembre de 2000, abarca una superficie de 1,124.65 ha de propiedad del Ejido Villa Insurgentes. El PNSO se distingue por la belleza escénica que producen sus formaciones rocosas y su biodiversidad. El PNSO enfrenta severos problemas de sobrepastoreo por ganado bovino y equino, situación que ha ocasionado la disminución drástica de la cobertura vegetal original y desencadenando procesos de erosión hídrica y eólica en toda la superficie, así como la aparición de especies invasoras y la pérdida de especies vegetales y de fauna silvestre nativas, de modo tal que el ecosistema que se pretendió proteger a partir de la declaratoria como área natural protegida se encamina hacia un empobrecimiento ecológico irreversible. Con el propósito de revertir el daño ambiental, se planteó proporcionar asistencia técnica para reforestar el lugar y conocer la cobertura del suelo en el pastizal a ocho años de haber sido decretada como Área Natural Protegida. Los resultados fueron dos talleres de capacitación, asistencia técnica a las brigadas de reforestación; además, se determinó que la cobertura del pastizal se ha incrementado durante el tiempo que tiene como Área Natural Protegida.

Palabras clave: *Parque Nacional Sierra de Órganos, Área Natural Protegida, Pérdida de Biodiversidad.*

Abstract

The 'Sierra de Organos National Park' (Parque Nacional Sierra de Órganos, PNSO) was officially decreed on 27th November, 2000. It covers 1,124.65 ha, a part of the Villa Insurgentes Ejido's territory. The PNSO has wonderful scenic views including rocky peaks and a great biodiversity. However, this PNSO has various problems; for instance, overgrazing by livestock and horses. This situation has caused a drastic diminishing native vegetative cover accompanied by eolic and hidric erosion processes, while establishment of foreign species and lost of biodiversity are occurring. By this way, this PNSO as natural ecosystem has not being protected under the basis of its official nomination; thus, it is under serious risk of irreversible ecological impoverishment. In order to reverse the environmental damage, it was proposed to provide technical assistance to reforest the site and learn about the land cover in grassland since the PNSO has been decreed as Natural Protected Area. As results, two training workshops has been carried out, and technical assistance was provided to reforestation teams; in addition, it was evidenced that vegetative cover along the grassland has been increased.

Key Words: *Sierra de Órganos National Park, Protected Natural Area, Biodiversity lost.*

Introducción

El Parque Nacional Sierra de Órganos (PNSO) fue decretado el 27 de Noviembre de 2000, abarca una superficie de 1,124.65 ha de propiedad ejidal (DOF, 2000). El PNSO se distingue por la belleza escénica que producen sus formaciones rocosas y por la riqueza biológica de sus recursos naturales.

Sin embargo, el PNSO enfrenta severos problemas de sobrepastoreo por ganado bovino y equino, situación que ha ocasionado la disminución drástica de la cobertura vegetal original y desencadenando procesos de erosión hídrica y eólica en toda la superficie, así como la aparición de especies invasoras y la pérdida de especies vegetales y de fauna silvestre, de modo tal que el ecosistema que se pretendió proteger a partir de la declaratoria como área natural protegida se encamina hacia un empobrecimiento ecológico que pudiera ser irreversible.

Adicionalmente a ese deterioro ecológico también contribuyó de manera notable la infraestructura temporal que tuvo que construirse para la filmación de distintas películas del estilo Western, sobre todo durante las décadas de 1970 y 1980, así como otras de distintos géneros y pequeñas partes de algunas telenovelas, lo mismo que variados promocionales de diferentes marcas comerciales. Por todo lo anterior, se plantean los siguientes:

Objetivos

- ✓ Proporcionar Asesoría Técnica para la reforestación en el PNSO con planta de pino piñonero (*Pinus cembroides*).
- ✓ Identificar el método más adecuado para realizar la reforestación en el PNSO con *Pinus cembroides*.
- ✓ Diseñar un sistema de plantación que brinde las mejores posibilidades para el prendimiento de las plantas de pino piñonero (*Pinus cembroides*) en el PNSO.
- ✓ Determinar los cambios de la cubierta del suelo del pastizal en el Parque Nacional Sierra de Órganos (PNSO), en el periodo 2002-2010.

Antecedentes

Tres años después del decreto, mediante el cual se creó el PNSO, se elaboró su programa de conservación y manejo; sin embargo, aún no se aplica porque hasta el día de hoy no se ha publicado en el DOF y por consiguiente no provee ningún beneficio al Parque. El PNSO es un instrumento técnico-jurídico que facilita y posibilita la realización de distintas gestiones tendientes a conseguir que se logre la conservación de los recursos naturales. En él se identifican necesidades, establecen prioridades y organizan acciones a corto, mediano y largo plazos para recuperar y conservar el ambiente y para el uso sostenido de los recursos naturales del PNSO (SEMARNAT, 2003).

Diferentes estudios realizados durante los últimos diez años por investigadores de la Universidad Autónoma Chapingo y otros actores, señalan la necesidad de realizar distintas acciones encaminadas a la protección, restauración y conservación de los recursos del PNSO. Actualmente, se está desarrollando un proyecto orientado a mitigar/revertir el impacto de la problemática que se indica líneas arriba; el proyecto involucra la aplicación de distintas medidas (prácticas y obras) de conservación.

Materiales y Métodos

Ubicación geográfica y características biofísicas del área de estudio

El Parque Nacional Sierra de Órganos se ubica al noroeste del municipio de Sombrerete, Zacatecas (Figura 1). En los terrenos del Parque, el clima es templado, C(w₀) (w) a (e), con lluvias en verano. Fisiográficamente es una sierra baja de roca volcánica con escarpes, crestas y topografía de montaña. Además, existen pequeños valles con topografía plano-ondulada y pendientes bajas con residuos aluviales. Los suelos que posee son el Fluvisol, Xerosol y Litosol eútrico.

Los tipos de vegetación por orden de abundancia son: Bosque de Pino-Encino-Pastizal natural, Chaparral-Bosque de *Juniperus*, Pastizal natural-Matorral espinoso-Nopalera y Matorral Crasi-Rosulifolio. Existe una especie (*Mammillaria moelleriana*) endémica y sujeta a protección especial.

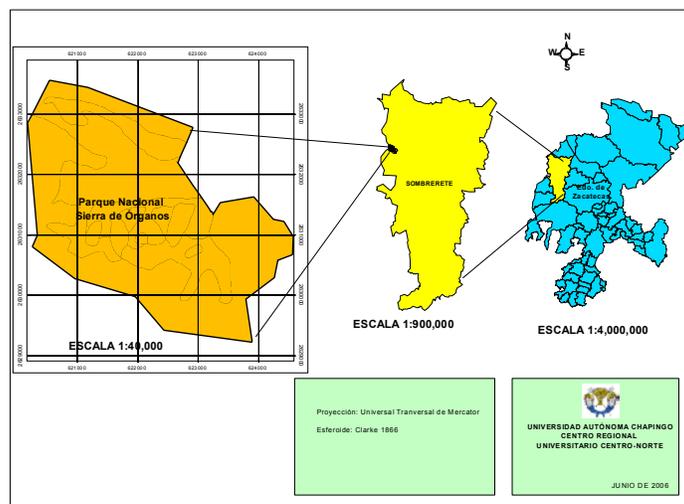


Figura 1. Ubicación geográfica del Parque Nacional Sierra de Órganos, Sombrerete, Zacatecas.

Dentro del PNSO y en su zona de influencia se han identificado once especies de fauna que están incluidas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 (DOF, 2002), en algún estatus de protección. El uso actual del suelo en el Parque es diverso, pues se realizan actividades de tipo pecuario, agrícola y ecoturístico. Del 2000, año que se decretó el lugar como ANP, hasta el 2007 se continuó con el manejo tradicional. Fue hasta el segundo semestre de 2008 cuando se excluyó al ganado. En 2008 se inició un proyecto de compensación ambiental por cambio de uso del suelo, con el propósito de continuar con la exclusión del ganado, reforestar y aplicar obras de conservación de suelo, principalmente instalando gaviones en escorrentías y arroyos para revertir la degradación del suelo.

Metodología

Se realizaron dos talleres de capacitación para el personal operativo que participó en las tareas de reforestación. El método de reforestación y el diseño del sistema de plantación se realizaron con base en los criterios establecidos en la convocatoria que emitió la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para Proyectos de Compensación Ambiental, correspondiente al año 2007, y los contenidos de los artículos 17 y 18 de los Lineamientos de Operación para Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales.

Con el propósito de identificar los cambios que ha registrado la cubierta del pastizal durante el periodo 2002 y 2010, en otoño del 2010 se levantó información en cinco transectos en el pastizal del Parque. Los resultados de este monitoreo se contrastaron con otros que se obtuvieron en 2002, año en que se realizó el primer monitoreo en esos mismos transectos. En ambos años la información se obtuvo en la misma época utilizando la metodología "Early Warning Biological Monitoring-Rangelands and Grasslands" del Centro Allan Savory para el Manejo Holístico (1999). Los indicadores que se evaluaron fueron la cubierta basal, cubierta del dosel, cubierta del suelo, suelo desnudo y mantillo.

Se proporcionó asesoría técnica a dos brigadas en campo para la identificación y poligonización de la superficie donde se realizó la reforestación dentro del PNSO. Se delimitaron los polígonos en campo con base en la información de gabinete ajustándolos a las condiciones del terreno.

Resultados y Discusión

Se realizaron dos talleres en el terreno del Parque para capacitar al personal que participó en todas las actividades de reforestación. Estos talleres fueron impartidos por el personal técnico conformado por expertos de la UACH y de la CONAFOR, habiéndose llevado a cabo durante el mes de mayo de 2010.

Durante el primer taller se trabajó con diez personas que fueron las que estuvieron a cargo de supervisar todas las actividades previas a la reforestación en sí, a la misma reforestación y a las tareas de

mantenimiento. A éstos participantes se les capacitó para actuar como organizadores de actividades con la finalidad de garantizar que la reforestación se efectuara en las mejores condiciones. En general, se capacitaron sobre los siguientes aspectos:

- ✓ Manejo y cuidado de las plantas para su embarque, transporte al sitio definitivo y desembarque.
- ✓ Extracción de las plantas de las charolas.
- ✓ Ubicación específica de los puntos donde se abrirían las cepas.
- ✓ Características de las cepas.
- ✓ Aplicación de hidrogel en las cepas.
- ✓ Establecimiento adecuado de las plantas en las cepas.
- ✓ Realización de tareas de mantenimiento a la reforestación.

Durante el segundo taller se trabajó con las diez personas ya capacitadas más otras 20, quienes en conjunto llevaron a cabo todas las actividades que implicó la reforestación. De esta manera, cada uno de los participantes en el primer taller se hizo cargo de supervisar el trabajo de cuatro personas más, habiéndose conformado siete brigadas para la realización de la reforestación, más el personal de apoyo asignado por el comisariado ejidal. Todo el trabajo de las brigadas fue supervisado por integrantes del equipo que proporcionó la Asesoría Técnica.

El método de reforestación y sistema de plantación

El terreno del parque presenta pendientes mayores al 10% y de acuerdo con los términos técnicos de referencia de la CONAFOR, la reforestación no se realizó siguiendo curvas a nivel. Debido al carácter de protección y conservación natural del área, se determinó que, para realizar la reforestación, el sistema de plantación no requiere de un trazo específico pues lo importante es cubrir los espacios vacíos y buscar los sitios en donde el suelo tenga las características básicas para asegurar la sobrevivencia de la planta, razones por las que el arreglo de la plantación presenta un espaciamiento variable, atendiendo aquellas áreas donde no había árboles, tratando de imitar la composición y el arreglo espacial natural, ubicando dos o más árboles contiguos a fin de lograr cubrir las áreas actualmente desprotegidas. El sistema de plantación fue por cepa común y se construyó una pequeña microcuenca de captación de agua que permitiera captar la mayor cantidad posible del volumen de escurrimiento y de los materiales en suspensión, tratando de generar el mínimo impacto sobre el paisaje del área natural protegida.

Por las características del terreno y por los requerimientos necesarios para la sobrevivencia de la planta, se abrieron cepas con diámetro de 40 cm y una profundidad de 40 cm. Antes de realizar la plantación, a cada cepellón se le colocó una capa de hidrogel, producto que favorece la retención de humedad, factor crítico para la sobrevivencia de las plantas, sobre todo en la época de escasa precipitación. Con este esquema se reforestaron 300 ha.

En el periodo de análisis (2002-2010), el área basal de las plantas perennes se incrementó seis puntos porcentuales, al pasar su cobertura en el suelo de 8 a 14%; el mantillo aumentó 29 puntos, al cambiar de 9 a 38% su cobertura, mientras que la presencia de rocas, arena y grava sobre el suelo del pastizal en el área del Parque apenas cubre el 1% del suelo. Además, la proporción de suelo desnudo descendió 35 puntos porcentuales, al pasar de 82 a 47%. En consecuencia, el suelo cubierto por roca, base de la planta y mantillo aumentó 35 puntos, al cambiar de 18 a 53%; mientras que la cubierta del dosel se incrementó 11 puntos, al transitar de 16 al 27% (Figura 2).

Entre otras causas, el incremento en la cubierta del suelo y del dosel del pastizal en el Parque, durante el periodo de análisis, se debe a que en los últimos dos años se excluyó el pastoreo de ganado y a que se registró un volumen de precipitación pluvial ligeramente mayor a la media.

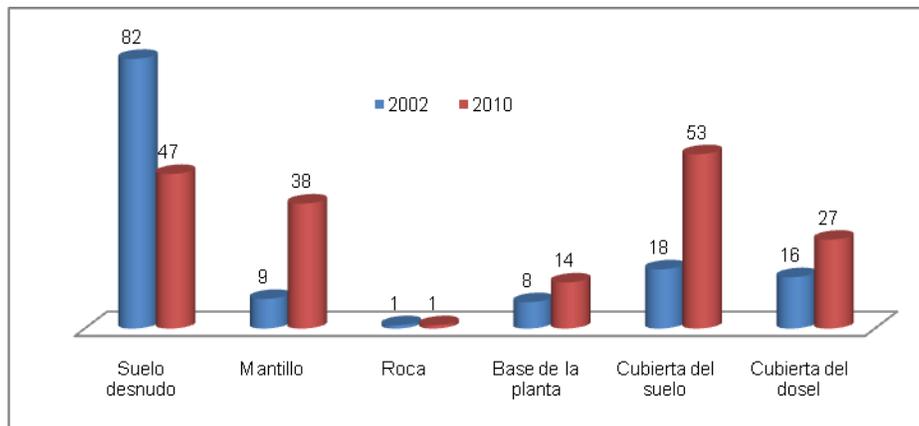


Figura 2. Cubierta del suelo y del dosel (%) en el pastizal del Parque Nacional Sierra de Órganos, Sombrerete, Zacatecas, México (2002-2010).

Conclusiones

La asistencia técnica que se brindó fue básica para que se realizaran adecuadamente las diversas actividades inherentes a la reforestación de los terrenos del Parque Nacional Sierra de Órganos.

Los cambios que registró la cubierta del suelo del pastizal en el Parque Nacional Sierra de Órganos de 2002 a 2010 evidencian que el pastizal del PNSO está recuperándose. En ese lapso la cubierta del suelo se incrementó de 18 a 53%.

El método de reforestación y el sistema de plantación que se usaron fueron los adecuados debido a que satisfacen los lineamientos que establecen la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.

Literatura Citada

- Allan Savory Center for Holistic Management (ASCHM). 1999. Early Warning Biological Monitoring-Rangelands and Grasslands- Albuquerque, New Mexico. E.U.A.
- Diario Oficial de la Federación. 2000. Decreto por el que se declara área natural protegida, con el carácter de parque nacional, la región denominada Sierra de Órganos, ubicada en el Municipio de Sombrerete, en el Estado de Zacatecas. 11p.
- Diario Oficial de la Federación. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001. México, D.F.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2003. Programa de Manejo del Parque Nacional Sierra de Órganos. SEMARNAT-UACH. Zacatecas, México. 186 p.

CAMBIOS PRODUCIDOS EN LA COMPACTACIÓN DE UN SUELO VERTISOL POR TRÁNSITO REPETIDO DE UN TRACTOR AGRÍCOLA

Gutiérrez-Rodríguez Francisco¹, González-Huerta Andrés¹, Vaca-García Víctor Manuel¹, Franco-Mora Omar¹, Pérez-López Delfina de Jesús¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.
E-mail: fgrfca@hotmail.com

Resumen

El impacto que ocasiona el tráfico de tractores y maquinaria agrícola en la compactación del suelo, particularmente suelo Vertisol, característico de la zona productora de maíz del Valle de Toluca-Atlaacomulco en la que predomina el sistema de labranza convencional, ha sido un aspecto poco estudiado en México. La presente investigación tuvo como objetivo, evaluar los cambios en la compactación del suelo a nivel superficial y subsuperficial, mediante la variable de resistencia a la penetración (R_p), producidos por los siguientes tratamientos del tractor en un diseño experimental de bloques completamente al azar con tres repeticiones: a) aire completo en los neumáticos con contrapesos; b) aire incompleto con contrapesos; c) aire completo sin contrapesos y; d) aire incompleto sin contrapesos. El tránsito para cada tratamiento fue de tres, cinco y diez pasadas. Los resultados muestran que después de la preparación del suelo a nivel superficial (0 a 15 cm), la R_p fue seriamente afectada por la intensidad de tráfico en comparación con el testigo, así como altamente significativa entre repeticiones y niveles de 5 a 15 cm y 30 a 45 cm de profundidad. La R_p después de la preparación del suelo a nivel superficial, tuvo un valor de 4.0 MPa, igual al del testigo. En niveles subsuperficiales, los valores de R_p mostraron un comportamiento por encima de 2.2 MPa, valor superior a lo mostrado por el testigo. El lastre del tractor y la presión del neumático tienen una influencia significativa en la compactación de la capa superficial del suelo.

Palabras clave: Resistencia a la penetración, contrapesos del tractor, presión de aire del neumático.

Abstract

The impact of trafficking by wheeled farm machines in soil compaction, particularly in Vertisol soil, characteristic type of the Toluca-Atlaacomulco Valley, main corn producer area of Estado de Mexico in which traditional tillage predominates, has been little documented in Mexico. The present research had as objective to evaluate the changes in soil compaction at superficial and subsoil levels, using penetration resistance (R_p) as an indicator variable. The R_p was measured after the passes of the following tractor's treatments, arranged in an aleatory block design with three repetitions: a) full tire's air pressure with ballast; b) incomplete air pressure with ballast; c) full air pressure without ballast; and d) incomplete air pressure without ballast. There were three, five and ten transit passes for each treatment. Results indicate that after soil preparation was made at superficial level (0 to 15 cm), the R_p was seriously affected by traffic intensity compared to witness, as well as highly significant among repetitions and at levels of depth of 5 to 15 cm and 30 to 45 cm. The R_p after soil preparation at superficial level had a value of 4.0 MPa, same as witness. At subsoil levels, R_p showed values above 2.2 Mpa, higher than those of witness. Tractor's ballast and tire's air pressure have a significant influence in the compaction of a superficial Vertisol soil layer.

Keywords: Penetration resistance, tractor's ballast, tire's air pressure.

Introducción

La compactación del suelo es uno de los mayores problemas que enfrenta la agricultura moderna. Glinski y Lipiec (1990), definen a la compactación como un incremento de la densidad aparente del suelo (DA), un empaquetamiento de partículas más denso y una disminución de la porosidad (PO), especialmente en lo referente a macroporos. El uso excesivo de maquinaria, el cultivo intensivo, cortas rotaciones del cultivo, el pastoreo intensivo y un manejo inapropiado del suelo traen como resultado la compactación.

Esta ocurre en un amplio rango de climas y suelos. Es exacerbada por un bajo contenido de materia orgánica del suelo y la utilización de labranza o pastoreo cuando el suelo tiene un alto contenido de humedad. La compactación incrementa la dureza del suelo y disminuye su fertilidad física al minimizar el almacenamiento y suministro de agua y nutrientes, lo que ocasiona requerimientos adicionales de fertilización y un mayor costo de producción. Ocurre entonces una secuencia perjudicial de crecimiento reducido de la planta, que origina menores entradas de materia orgánica fresca al suelo, un reducido reciclaje de nutrientes y mineralización, menor actividad de microorganismos y un mayor uso y desgaste de la maquinaria de cultivo (Hamza y Anderson, 2005). Algunos investigadores (Urger y Kaspar, 1994), definen a la compactación como superficial, a la producida en el horizonte arable, y subsuperficial a la producida por debajo de la profundidad normal de labranza. El cuantificar la compactación del suelo requiere con frecuencia de un muestreo destructivo, por lo que la medición directa muchas veces se considera impráctica. Además de la *DA* y la *PO*, la dureza del suelo, indicada como resistencia a la penetración (*Rp*), es una medición alterna comúnmente usada (Canarache, 1991), que emplea un penetrómetro de cono como instrumento estándar (Mulqueen *et al.*, 1977; Bengough y Mullins, 1990). El penetrómetro de cono determina un índice de la dureza del suelo, conocido como índice de cono (*IC*), que se define como la fuerza por unidad de área base de cono requerida para empujar el instrumento a través de un pequeño incremento específico de profundidad (ASABE, 2008). Diversos investigadores (Canarache, 1991; Lowery y Schuler, 1994; Ngunjiri y Siemens, 1995) han documentado los incrementos en *IC* que ocurren con los incrementos en la compactación y la *DA*. Otros factores principales que afectan al *IC* aparte de la compactación incluyen al contenido de agua y arcilla del suelo (Elbanna y Witney, 1987).

Según Botta *et al.*, (2002), el tráfico vehicular es el principal responsable de la compactación inducida en los suelos bajo siembra directa, además de la textura y el contenido de humedad como aspectos relevantes en relación a la reducción del espacio poroso. En tal sentido, dicho estudio estableció que en suelos arcillosos, como los de tipo Vertisol, son mayores los riesgos de compactar el subsuelo a niveles limitantes de la producción agrícola, y mayor la persistencia del daño realizado. El número de veces en que el sustrato es transitado, también es un factor determinante de la compactación inducida, ya que la *DA*, la profundidad y superficie del suelo compactado, aumentan progresivamente con el número de pasadas del sistema de rodaje de los tractores (Jorajuría *et al.*, 1997; Botta *et al.*, 2004). La compactación producida por el tráfico de tractores sobre suelos de cultivo, está dada en grado extremo por la carga en cada rueda del tractor, por el tipo de neumático y la presión ejercida sobre el suelo (Horn *et al.*, 2001). En general, la utilización de altas cargas en la rueda, el uso de neumáticos angostos y con altas presiones de inflado, contribuyen a agravar los problemas de compactación (Ridge, 2002). Se han elaborado pocos estudios en México sobre el impacto que ocasiona el tráfico de tractores y maquinaria agrícola en la compactación del suelo, particularmente de tipo Vertisol, que es característico de la zona productora de maíz del Valle de Toluca-Atlacomulco en la que predomina el sistema de labranza convencional, por lo que este trabajo se planteó como objetivo, evaluar los cambios en la compactación del suelo, a niveles superficial y subsuperficial mediante la variable de *Rp*, ocasionados por diferentes presiones de inflado de neumáticos y tránsito de un tractor agrícola.

Materiales y Métodos

La parcela de estudio se localizó en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas (FCA) de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM), ubicado en el municipio de Toluca, Estado de México, México (19°24'43"N, 99°41'52"O, 2610 msnm), durante enero del 2008, mes del periodo de la estación seca sin precipitación pluvial. El terreno se niveló espacialmente en 2003 utilizando la técnica de rayo láser, y se utilizó predominantemente para el cultivo de trigo. Se determinó el contenido de humedad por gravimetría (*Ho*) de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000, 2002), en un rango de profundidades de 5 a 15; 15 a 30 y 30 a 45 cm en el laboratorio de suelos de la FCA de la UAEM. Se efectuaron mediciones de la compactación del suelo después de haber sido preparado con multitarado (modelo M-250), debido al tránsito de un tractor agrícola (John Deere, modelo 6603) con tracción delantera asistida, cubiertas delanteras 13.6-24 y traseras 18.4-34. Los tratamientos para el tractor

fueron: a) aire completo en los neumáticos traseros (140 kPa) y delanteros (110 kPa) con contrapesos; b) aire incompleto en los neumáticos traseros (75 kPa) y delanteros (110 kPa) con contrapesos; c) aire completo sin contrapesos y; d) aire incompleto sin contrapesos. El tránsito realizado por el tractor para cada variable en la parcela fue de tres, cinco y diez pasadas, en el escalón de velocidad A-2 ($\approx 4.0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). La resistencia a la penetración (R_p), fue medida con un penetrómetro digital portátil (Field Scout SC-900, Spectrum Technologies, USA). Las mediciones se efectuaron sobre la huella del neumático del tractor con cinco repeticiones para cada nivel de profundidad y en las calles laterales de la parcela experimental para el testigo. El diseño experimental empleado fue de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Para el análisis e interpretación de los datos se consideró análisis de varianza (ANOVA), comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey ($p < 0.01$) y coeficientes de correlación lineal entre parejas de variables mediante el programa SAS (Statistical Analysis System, USA).

Resultados y Discusión

Al analizar estadísticamente las diferentes variables medidas en los tratamientos (Cuadro 1), se encontró que existen diferencias altamente significativas entre repeticiones para los diferentes niveles de R_p ; también se detectaron diferencias significativas para la H_o en los intervalos de 5 a 15 y 30 a 45 cm de profundidad. Para las diferentes cargas del tractor (Factor A), estas fueron significativas al 5 % en la R_p en los niveles de 5 a 15 y 30 a 45 cm de profundidad; en este último nivel la compactación registrada corrobora lo planteado por Urger y Kaspar (1994). Para la H_o se observaron otros efectos altamente significativos en los niveles superior e inferior y significativos al 5 % en el nivel intermedio. En las diferentes intensidades de tráfico por las parcelas ningún resultado tuvo significación, lo cual contradice lo planteado por Jorajuría y Draghi (2000), para los suelos Vertisol, ya que en época de sequía el comportamiento de la compactación sólo presentó diferencias numéricas entre tratamientos; en estas condiciones el lastre que tuvo el tractor no fue importante. Sin embargo, al observar la interacción lastre por tránsito (tipo A x B), las diferencias fueron significativas al nivel de 30 a 45 cm en la R_p y al nivel intermedio de H_o . Los bajos coeficientes de variación se consideran dentro de los parámetros normales de trabajo y permiten una interpretación confiable de los resultados.

Cuadro 1. Cuadrados medios y valores de F para la resistencia a la penetración (R_p) y humedad del suelo (H_o) a diferentes profundidades, con cuatro diferentes lastres en el tractor y diferentes intensidades de tráfico.

Fuentes de variación	Grados de libertad	R_p (5-15 cm)	R_p (15-30 cm)	R_p (30-45 cm)	H_o (5-15 cm)	H_o (15-30 cm)	H_o (30-45 cm)
		MPa			%		
Repetición	2	7.33**	3.81**	7.65**	13.54*	12.88ns	26.27*
Lastre (A)	4	3.89*	0.46ns	3.60*	166.15**	132.36*	98.62**
Tránsito (B)	2	0.19ns	0.028ns	0.70ns	6.63ns	0.62ns	3.21ns
Lastre x tránsito (AxB)	6	2.14ns	2.31ns	3.88*	10.56ns	137.66*	22.98ns
Promedio aritmético	---	3.71	2.49	2.58	13.94	20.33	22.09
C.V. (%)	---	15.20	17.83	17.12	8.81	13.66	7.41

ns = no significativo al nivel del 5%. *,** significativo al 5% y 1% respectivamente.

En el Cuadro 2, se observa que los valores para los diferentes tratamientos de uso del tractor están relacionados con el lastre o contrapesos del mismo durante las diferentes pasadas (tránsito) por la parcela experimental; en el nivel de profundidad de 5 a 15 cm sólo el testigo registró un valor de 4.0 MPa, valor considerado alto pero obtenido en la calle donde no se había preparado el suelo y durante la temporada de sequía.

Cuadro 2. Comparación de medias de resistencia a la penetración (Rp) y humedad del suelo (Ho) a distintos niveles de profundidad.

Variables	Rp (15cm) (MPa)	Ho (15cm) (%)	Rp (30cm) (MPa)	Ho (30cm) (%)	Rp (45cm) (MPa)	Ho (45cm) (%)
ACC	4.0 a	13.6 a	2.4 a	17.68 a	2.4 a	21.27 a
AIC	3.7 a	13.43 a	2.6 a	19.88 a	2.2 a	20.68 a
ACS	3.7 a	12.32 a	2.5 a	20.44 a	2.9 a	22.51 a
AIS	3.1 a	14.16 a	2.4 a	22.14 a	2.8 a	22.27 a
Testigo	4.0 a	20.74 a	2.2 a	23.89 a	2.1 a	27.02 a

Las medias con la misma literal dentro de cada columna son iguales estadísticamente (Tukey, $p < 0.01$).

ACC = tractor con aire completo en los neumáticos y contrapesos; AIC = tractor con aire incompleto y contrapesos; ACS = tractor con aire completo sin contrapesos; AIS = tractor con aire incompleto sin contrapesos.

En el perfil de 15 a 30 cm de profundidad, se muestra que la humedad del suelo tuvo un papel preponderante, ya que en la mayoría de los casos al aumentar la *Ho*, disminuyó la *Rp*, y sólo se observó un comportamiento diferente en el tratamiento de aire incompleto con contrapesos, esto podría estar relacionado con la cantidad de humedad retenida en el ciclo agrícola por los suelos Vertisol. En el último perfil del suelo (30 a 45 cm), se observa un aumento de la *Rp*, tendencia contraria a la esperada en función del lastre que tuvo el tractor en cada una de las variables; en este nivel de profundidad, aún cuando la humedad fue mayor, la *Rp* también aumentó, corroborando lo planteado por Botta *et al.*, (2006), que establecen que en ocasiones la mayor compactación se registra en la capa subsuperficial del suelo y es ocasionada por sistemas de rodaje con tractores de bajo peso, no obstante que el tractor objeto de estudio se considera pesado, teniendo en cuenta que en la variante con aire completo y contrapesos su masa fue de 5772 kg y en la variante aire completo sin contrapesos de 4160 kg. En el Cuadro 3 se presenta el análisis de correlación (*r*) entre las parejas de variables *Rp* y *Ho*; en todos los casos las correlaciones negativas que se observan en el presente estudio indican que los mayores valores de *Rp* se atribuyen a los bajos valores de *Ho*.

Cuadro 3. Análisis de correlación entre resistencia a la penetración (Rp) y humedad del suelo (Ho).

Variables	Rp (MPa) (30 cm)	Rp (MPa) (45 cm)	Ho (%) (15 cm)	Ho (%) (30 cm)	Ho (%) (45 cm)
Rp 15 cm	-0.327*	-0.424**	-0.289ns	-0.023ns	0.184ns
Rp 30 cm		0.295ns	0.036ns	-0.376*	-0.235ns
Rp 45 cm			0.014ns	-0.068ns	-0.204ns
Ho 15 cm				0.250ns	0.459*
Ho 30 cm					0.613**

ns = no significativo al nivel del 5%. *,** significativo al 5% y 1% respectivamente.

Conclusiones

El lastre que se adicionó al tractor para la preparación de suelo afectó la resistencia a la penetración en las capas superficial y subsuperficial del suelo, la capa intermedia presentó menores daños, pero siempre la compactación mostró valores superiores al testigo. En la capa superficial del suelo se tiene una gran influencia del lastre en el tractor y la presión de aire en el neumático, debido a que una menor superficie del neumático a una masa igual, trae como consecuencia el aumento de la compactación. En las diferentes variantes en que se utilizó el tractor, la resistencia a la penetración está por encima de los 2.2 MPa, valor considerado de gran afectación para el crecimiento del sistema radical de las plantas de cultivo.

Literatura Citada

- ASABE. 2008. Standard S313.3: Soil Cone Penetrometer. ASABE, St. Joseph, MI.
Bengough, A.G. and C. E. Mullins. 1990. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *J. Soil Sci.* 41: 341–358.

- Botta, G., D. Jorajuría and L. Draghi. 2002. Influence of the axle load, tyre size and configuration on the compaction of a freshly tilled clayey soil. *J. Terramech.* 39: 47-54.
- Botta, G., D. Jorajuría, R. Balbuena and H. Rosatto. 2004. Mechanical behavior of an agricultural soil under different traffic intensities: effect on soybean (*Glicine max L.*) yields. *Soil & Till. Res.* 78: 53-58.
- Botta, G., D. Jorajuría, H. Rosatto and C. Ferrero. 2006. Light tractor frequency on soil compaction in the rolling Pampa region of Argentina. *Soil & Till. Res.* 86: 19-24.
- Canarache, A. 1991. Factors and indices regarding excessive compactness of agricultural soils. *Soil & Till. Res.* 19: 45-164.
- Elbanna, E.B., B. D. Witney. 1987. Cone penetration resistance equation as a function of the clay ratio, soil moisture content and specific weight. *J. Terramech.* 24: 41-56.
- Glinski, J. and J. Lipiec. 1990. *Soil Physical Conditions and Plant Roots*. C.R.C. Press Inc. Florida, 250 pp.
- Hamza, M.A. and W. K. Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes, and possible solutions. *Soil & Till. Res.* 82: 121-145.
- Horn, R., T. Way and J. Rostek. 2001. Effect of repeated wheeling on stress/strain properties and ecological consequences in structured arable soils. *Revista de la Ciencias del Suelo y Nutrición Vegetal.* 1: 34-40.
- Jorajuría, D., L. Draghi and A. Aragon. 1997. The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of a *Lolium/Trifolium* grassland. *Soil & Till. Res.* 41: 1-12.
- Jorajuría, D. and L. Draghi. 2000. Sobrecompactación del suelo agrícola. Parte 1: Influencia del peso y el número de pasadas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental.* 4: 445-452.
- Lowery, B. and R. T. Schuler. 1994. Duration and effects of compaction on soil plant growth in Wisconsin. *Soil & Till. Res.* 29: 205-210.
- Mulqueen, J., J. V. Stafford and D. W. Tanner. 1977. Evaluation of penetrometers for measuring soil strength. *J. Terramech.* 14: 137-151.
- Ngunjiri, G.M.N. and J. C. Siemens. 1995. Wheel traffic effects on corn growth. *Trans. ASAE* 38: 691-699.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. 2002. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. (En línea). Disponible en: <http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20i gentes/NOM-021-RECNAT-2000.pdf> (Revisado el 09 de agosto de 2011).
- Ridge, R. 2002. Trends in sugar cane mechanization. *Int. Sugar J.* 104: 164-166.
- Urger, P. W. and Kaspar. 1994. Soil compactation and root growth: A review. *Agron. J.* 86: 759-766.

DISPERSIÓN DE SUELO AL AIRE EN ÁREAS URBANAS DE ZONAS SEMI-ARIDAS DEL NORTE DE MÉXICO

Flores Márquez Juan Pedro¹, Mireya A. Ríos Ramirez¹, Laura J. Moncada Hernandez¹, Manoj K. Shukla², Dave DuBois², Soum Sanogo², Linda Liess²

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. e-mail: juflores@uacj.mx.

²New Mexico State University, Las Cruces, NM., USA

Resumen

El material particulado (MP) dispersado al aire por fuentes naturales y antropogénicas tiene efecto en la calidad del aire y consecuentemente en la salud humana. La necesidad de monitorear este parámetro ambiental y determinar su magnitud en eventos eólicos críticos de grandes áreas urbanas localizadas en zonas semiáridas de México y Estados Unidos, así como la oportunidad de evaluar técnicas de medición de MP sencillas y económicas, motivó el presente estudio que tuvo como objetivo determinar la cantidad de MP que es dispersado al aire durante los eventos de mayor intensidad del viento en los meses de Marzo a Abril en Ciudad Juárez, Chihuahua. Las muestras de MP fueron colectadas mediante rotores y cintas adhesivas a 1 y 2 m de altura. La cantidad de MP adherido a las cintas adhesivas en los portaobjetos de vidrio durante lapsos de 30 minutos en los cuatro sitios de muestreo tuvo un rango de 0 a 2.7667 ± 1.0356 mg/m³ y un promedio de 0.65074 ± 0.0894 mg/m³. Los resultados muestran que en la mayoría de los eventos eólicos intensos los valores de MP detectados superaron la Norma Ambiental y mostraron la gravedad de la baja calidad del aire con potencial efecto negativo en las vías respiratorias de la población. La técnica de las cintas adhesivas se consideró práctica, económica y versátil para la medición de MP en tolvaneras naturales y por el tráfico vehicular en caminos no pavimentados, y en futuros estudios podría validarse mediante correlaciones con instrumentos automatizados (DustTrak^R) para la medición de MP bajo diferentes escenarios climáticos y tipos de suelos.

Palabras clave: polvo eólico, calidad del aire, rotores, cinta adhesiva.

Abstract

Particulate matter (MP) dispersed to air from natural and anthropogenic sources has effect on air quality, and consequently on human health. The need to monitor this environmental parameter, and to determine its magnitude under critical Aeolian events in large urban areas located in semiarid areas of Mexico and United States of America, also the opportunity to evaluate simple and economic techniques for MP measurement were the reasons that motivate the current study. The objective was to estimate the amount of MP dispersed to air during the events with the largest wind intensity in March and April at Ciudad Juarez, Chihuahua. MP samples were collected by using rotorods and glass slides with sticky tapes at 1 and 2 m height. The amount of MP trapped in sticky tapes during intervals of 30 minutes for the four sampling sites had a range of 0 to 2.7667 ± 1.0356 mg/m³, an average of 0.65074 ± 0.0894 mg/m³. The results showed that in most of the intense Aeolian events, the MP data were higher than the values indicated by Mexican and American regulations. It showed that it is a serious problem due to the low air quality, and negative potential effect on population respiratory system. The technique based on sticky tapes and rotorods may be considered practical, economical and versatile for MP measurement under natural dust storms and unpaved roads, also for future studies this information could be validated making correlations by using automatic instruments (DustTrak^R) under different climatic sceneries y soil types.

Key Words: dust Aeolian, air quality, rotorods, sticky tapes.

Introducción

La dispersión del suelo al aire tanto de fuentes naturales como antropogénicas tiene una influencia significativa en la calidad del aire en áreas rurales y urbanas. Los caminos de terracería y las actividades de maquinaria agrícola en el medio rural, así como las calles sin pavimentar y el tráfico vehicular intenso en áreas urbanas promueven la emisión de material Particulado (MP). La región Paso del Norte

conformada por las ciudades de El Paso, Texas, Sunland Park y Las Cruces, Nuevo Mexico y Ciudad Juárez, Chihuahua, además de las extensas áreas de producción agrícola y pecuaria se caracterizan porque su calidad del aire está condicionada por el clima semiárido típico de la región con precipitación pluvial de 200 mm al año y por la extensa planicie de playas desérticas al Oeste, la cadena de montañas que circunda la ciudad por el noreste y el oeste, los médanos de Samalayuca al sur y sureste, y por el régimen de vientos dominantes en invierno-primavera (Rivera, 2010). Además de las emisiones naturales de polvo o MP en la región, el problema de la baja calidad del aire es aún más grave en Ciudad Juárez pues cerca del 40% de las calles están sin pavimentar, existen 2 500 ha de lotes baldíos, parque vehicular deteriorado y ladrilleras, entre otros (IMIP, 2003). Las partículas finas MP_{2.5} o PM_{2.5} (Particulate Matter) son de gran importancia, ya que tienden a depositarse en la laringe, en mayor cantidad que las PM₁₀ (Schwartz *et al.*, 1996). Es por ello que las emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5} se encuentran reguladas, tanto por legislación nacional como internacional (US EPA, 2006; NOM-025-SSA1-1993). Estudios epidemiológicos han mostrado la existencia de asociaciones significativas entre el nivel de la concentración de MP en el aire e impactos adversos en la salud (WHO, 2000). Existen técnicas sencillas para evaluar la dispersión de MP tanto de fuentes naturales como antropogénicas en caminos no pavimentados (Williams *et al.*, 2008; Flores *et al.*, 2011). Dado que la dispersión de MP es un parámetro se suma importancia dentro de la legislación ambiental, por tal motivo requiere ser monitoreado permanentemente para observar la calidad del aire en grandes zonas urbanas. El objetivo de este estudio fue estimar la cantidad de MP que es dispersado al aire durante los eventos de mayor intensidad del viento en los meses de Marzo a Abril en Ciudad Juárez.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en cuatro sitios de Ciudad Juárez, Chihuahua con una cobertura de la mayor parte de la Ciudad en sentido de Norte a Este y Sureste (Figura 1), ya que los vientos dominantes fueron del Oeste y se estuvo alerta del pronóstico climático para realizar las mediciones en los días de mayor intensidad de vientos (7 y 21 de Marzo, 3, 9, 26 y 29 de Abril de 2011). Los sitios 3 y 4 se caracterizaron por incluir extensas áreas de calles sin pavimentar. La técnica utilizada para medir el MP dispersado al aire consistió en una pequeña torre formada por un tubo de acero de 2.5 cm de diámetro y 2.5 m de altura, en el cual se colocó un rotor a 1 m y otro a 2 m de altura. Cada uno de los rotores tuvo dos alas y en cada ala un trozo de cinta adhesiva de 2 x 5.5 cm adherida a un portaobjetos de vidrio transparente de 2.5 x 7.5 cm (Figura 2) para atrapar las partículas de MP (polvo o suelo) del aire. El peso del portaobjetos con la cinta adhesiva fue registrado previo al muestreo, para ello se utilizó una balanza digital y se utilizaron cuatro dígitos para mejor precisión de los datos. La cubierta de la cinta adhesiva que se removió al iniciar la medición también fue pesada para utilizarse en el cálculo del MP adherido a la cinta. Las mediciones de MP consistieron en tener los rotores encendidos durante lapsos de 30 minutos y cambiando las cintas adhesivas, en cada caso las cintas con MP fueron colocadas en cajas de plástico para portaobjetos para evitar su alteración y posterior registro de peso en el laboratorio. La velocidad de cada rotor fue registrada al inicio y final de cada una de las mediciones. El volumen total de aire muestreado se determinó a partir de las revoluciones por minuto (rpm) conocidas de los rotores, de la circunferencia del área muestreada ($\pi \cdot \text{diámetro del círculo transversal durante una rotación o } \pi \cdot d$) y con base en las dimensiones de las cintas adhesivas (longitud, L y amplitud, w) utilizando la siguiente relación:

$$\text{Volumen total muestreado por minuto} = \pi \cdot d \cdot L \cdot w \cdot \text{rpm} \cdot 2$$

En esta ecuación, la multiplicación por dos se realizó porque se tuvieron dos cintas adhesivas en cada juego por rotor (Flores *et al.*, 2011). Las condiciones atmosféricas, en especial dirección y velocidad del viento, fueron registradas por estaciones de monitoreo de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. El análisis de datos consistió en estadísticos descriptivos como media, desviación estándar y rango, comparación de promedios entre sitios de muestreo mediante el paquete estadístico SPSS versión 17.0.

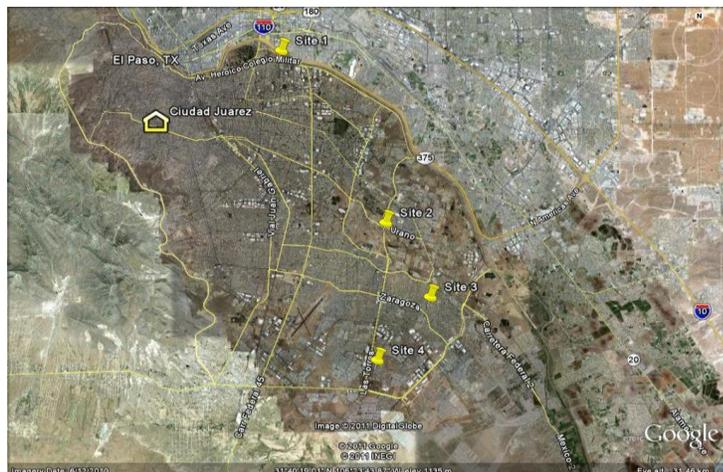


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo de material Particulado (MP) en Ciudad Juárez, Chihuahua.



Figura 2. Rotor instalado en la torre con dos alas, portaobjetos y cintas.

Resultados y Discusión

Las condiciones de viento más intensas registradas en este estudio se muestran en la Figura 3 donde las ráfagas de viento mayores fueron de 66 a 70 km/h en Marzo y Abril, mientras que las velocidades máximas observadas fueron de 48 y 53 km/h. Durante estos eventos climáticos se realizaron las estimaciones de MP en cuatro sitios de la ciudad, para ello se muestra en la Figura 4 las concentraciones de MP detectadas a 1 y 2 m de altura sobre el nivel del suelo. La concentración de MP adherido a las cintas adhesivas en portaobjetos durante lapsos de 30 minutos en los cuatro sitios de muestreo presentó un rango de 0 a $2.7667 \pm 1.0356 \text{ mg/m}^3$ y un promedio de $0.65074 \pm 0.0894 \text{ mg/m}^3$. Estos datos indican una emisión natural de MP entre 0 y $2,7667 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, lo cual es superior a las Normas Ambientales y muestra la gravedad de la baja calidad del aire durante estos eventos que tienen una potencial afectación sobre la salud de las personas, así como un alto riesgo de accidentes por la baja visibilidad (NOM-025-SSA1-1993). Esta Norma indica que el valor límite en exposición aguda es de $150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en 24 horas y en exposición crónica es de $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ media anual para protección de la salud de la población susceptible. Por su parte, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) en 2006 bajo el límite promedio de emisión de $\text{MP}_{2.5}$ para un periodo de 24 horas de 65 a $35 \text{ } \mu\text{g/m}^3$. En promedio de los cuatro sitios estudiados, la cantidad de MP retenido en las cintas adhesivas fue mayor a 1 m de altura sobre el suelo, $0.698852 \pm 0.08537 \text{ mg/m}^3$ que a 2 m de altura, $0.599964 \pm 0.093615 \text{ mg/m}^3$, aunque no existe diferencia significativa, lo cual es explicable por el mayor peso de partículas grandes que son transportadas a alturas bajas y pueden ser retenidas por las cintas adhesivas. Los sitios 1 y 4 presentaron mayor claridad en la captación de MP a 1 m, mientras que los sitios 1 y 3 fue a 2 m de altura (Figura 4). Dado que el fenómeno de ocurrencia de vientos y su intensidad es demasiado variable, resultó evidente en este estudio detectar diferencias entre fechas y lugares de muestreo, sin embargo el mes de Abril fue el que presentó mayores vientos.

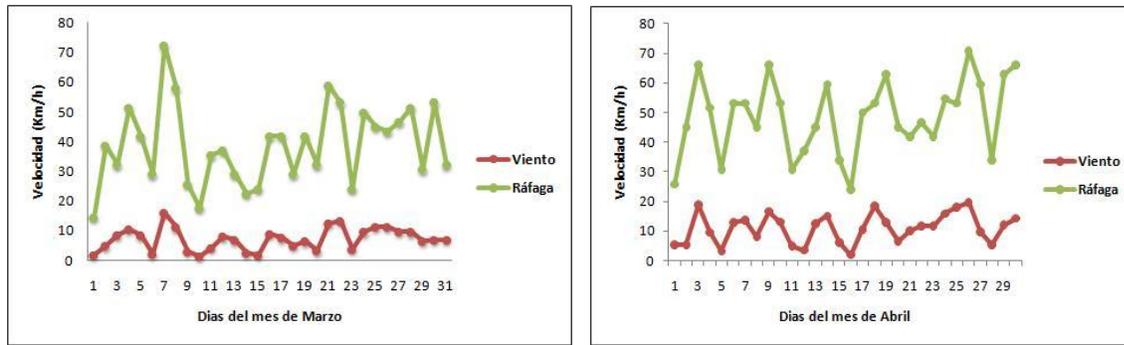


Figura 3. Velocidad del viento en los meses de Marzo y Abril de 2011 en Ciudad Juárez, Chih.

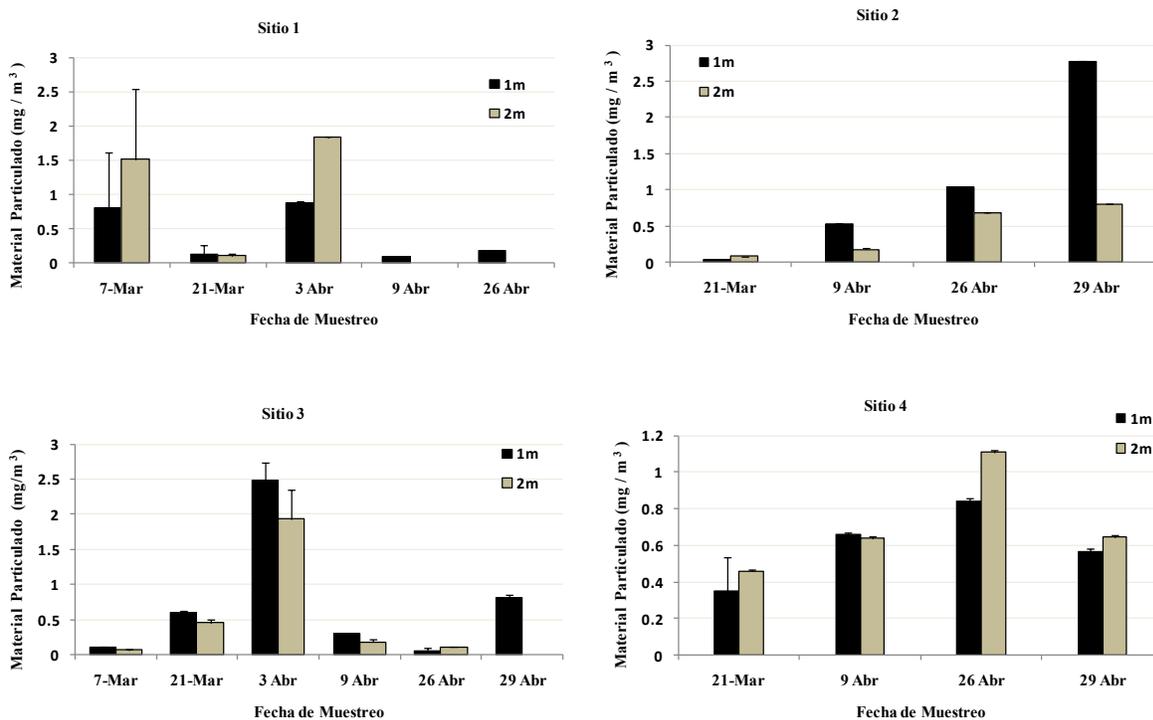


Figura 4. Promedios de material particulado (MP) detectado en las cintas adhesivas a 1 y 2 m de altura en los cuatro sitios de muestreo. La barra delgada indica la desviación estándar.

Conclusiones

La cantidad de MP atrapado en las cintas en los cuatro sitios de muestreo presento un rango de 0 a $2.7667 \pm 1.0356 \text{ mg/m}^3$ y un promedio de $0.65074 \pm 0.0894 \text{ mg/m}^3$. Estos datos resultaron mayores que los valores reportados por la Norma Oficial y reflejaron la baja calidad del aire con potencial efecto negativo en las vías respiratorias de la población. La técnica basada en rotores y cintas adhesivas se considero practica, económica y versátil para la medición de MP en tolvaneras naturales, lo cual en futuros estudios podría validarse mediante correlaciones con instrumentos automatizados de medición de MP bajo diferentes escenarios climáticos y tipos de suelos.

Literatura Citada

- Flores, M.J.P., M. Shukla y B. Hernández. 2011. Material particulado dispersado al aire por vehículos en caminos agrícolas no pavimentados. *Terra Latinoamericana*, 29(1):23-34.
- IMIP (Instituto Municipal de Investigación y Planeación). 2010. Mapa de calles pavimentados y sin pavimentar en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. www.imip.org.mx.
- Norma Oficial Mexicana (NOM-025-SSA1-1993). Criterios Para Evaluar el Valor Límite Permisible para la Concentración de Material Particulado. Valor Límite Permisible Para la Concentración de Partículas Suspendidas Totales (PST), Partículas Menores de 10 Micrómetros (PM₁₀) y Partículas Menores de 2.5 Micrómetros (PM_{2.5}) de la Calidad del Aire Ambiente.
- Criterios Para Evaluar la Calidad Del Aire. Secretaria de Salud. México.
- Rivera Rivera, N.I., Gill, T.E., Bleiweiss, M.P. y Hand, J.L. 2010. Source Characteristics of Hazardous Chihuahuan Desert dust outbreaks. *Atmospheric environment*, 44:2457-2468.
- Schwartz, J., D. Dockery y L. Neas. 1996. "Is Daily Mortality Associated Specifically With Fine Particles?" *Journal of the Air and Waste Management Association*. 46: 927-939.
- U.S.EPA, 2006. Particulate Matter, PM Standards. Effective December 17, 2006. <http://www.epa.gov/air/particlepollution/standards.html>>. Disponible Marzo de 2011.
- WHO, 2000. Guidelines for Air Quality. World Health Organization, Geneva. 190 p.
- William, D.S, Shukla, M.K, Ross,J. 2008. Particulate matter emission by a vehicle running on unpaved road. *Atmospheric Environment*, (42): 3899-3905.

IMPACTO SOCIOECONÓMICO DEL PROCESO DE DESERTIFICACIÓN EN CUENCAS AGRÍCOLAS DE BAJA CALIFORNIA SUR

Mercado Mancera, Gustavo¹, Troyo Diéguez, Enrique³; Aguirre Gómez, Arturo²; Murillo Amador, Bernardo³; Beltrán Morales, Luis Felipe³; Navejas Jiménez, Jesús⁴; García Hernández, José Luis⁵

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Agrícolas, UNAM.
e-mail: gmanmer@yahoo.com.mx; gmercado@unam.mx

²Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Químicas, UNAM.

³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S.

⁴INIFAP-Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S.

⁵Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

Resumen

El cambio de uso del suelo, la sobreexplotación de los recursos naturales, la deforestación, asociados a la salinización del suelo y agua, representan pérdidas económicas que disminuyen el nivel económico de las comunidades agropecuarias. El objetivo del presente trabajo fue estudiar el impacto socioeconómico del proceso de desertificación en las cuencas agrícolas del valle de Santo Domingo y de La Paz, en B.C.S. Se aplicaron 142 encuestas a productores agropecuarios, particulares y ejidatarios, seleccionados aleatoriamente con base al nivel tecnológico, superficie de cultivo y nivel socioeconómico, entre otros. Las encuestas y entrevistas se realizaron en tres momentos: la primera parte se realizó en junio de 2009, la segunda en febrero de 2010 y la tercera en mayo de 2010. Los resultados mostraron que la desertificación presente en las dos cuencas, ha mermado la economía de los productores, ha disminuido la superficie laborable en un 45 %, los ingresos económicos no rebasan en promedio los 10 salarios mínimos, impactando más al sector ejidal, el cual obtiene en promedio 2 salarios mínimos al mes. La emigración de la población juvenil es uno de los aspectos que merecen atención, la cual se dirige principalmente a la ciudad de La Paz y Los Cabos, B.C.S., incrementando la demanda de habitación en dichos lugares, y por ende favoreciendo el proceso de deforestación y cambio de uso del suelo. Se concluye que el deterioro ambiental y el proceso de salinización de agua y suelo en las dos cuencas, han impactado negativamente las condiciones socioeconómicas de los productores.

Palabras clave: *Desertificación, deforestación, nivel socioeconómico.*

Abstract

The change of use of the soil, the overexploitation of the natural resources, the deforestation, associated the salinization of soil and water, represents economic losses that diminish the economic level of farming communities. The objective was to study the socioeconomic impact of the process of desertification in agricultural watershed of the Santo Domingo valley and La Paz, in B.C.S. 142 surveys to farming, particular and ejidal producers, selected were applied randomly with base to technological level, surface of culture and socioeconomic level, among others. The surveys and interviews were realized in three moments: the first part was realized in June of 2009, second in February of 2010 and third in May of 2010. The results showed that present desertification in the two watersheds, have decreased the economy of the producers, and are handicapped the workable surface in a 45 %, the economic income does not exceed in average the 10 minimum wages, hitting more to ejidal sector, which obtains in average 2 minimum wages to the month. The emigration of the youthful population is one of the aspects that merit attention, which mainly goes to the city of La Paz and Los Cabos, B.C.S., increasing the demand of room in these places, and therefore favoring the process of deforestation and change of use of soil. One concludes that the environmental deterioration and the process of salinization of water and soil in the two watersheds, have hit negatively the socio-economic conditions of the producers.

Key Words: *Desertification, deforestation, socioeconomic level.*

Introducción

La desertificación es un fenómeno reconocido desde la década de 1960-1970, a raíz de las hambrunas que tuvieron lugar en los países coloniales o recientemente independizados al sur del desierto de Sahara (PNUMA, 2000). Se reconoce como uno de los grandes problemas ecológicos a nivel mundial. La importancia se deriva tanto de su magnitud (en término de la extensión de tierra y número de personas afectadas), y de la velocidad con que se presenta, así como de sus implicaciones para el futuro bienestar de la población (López, 2006).

La preocupación por la desertificación considera sus consecuencias: migración, pobreza, discriminación de género, o la pérdida de biodiversidad y servicios ambientales. Con dichas definiciones, la lucha contra la desertificación se convierte en un programa muy cercano a las acciones de desarrollo regional, que busca interactuar, de manera privilegiada, con las grandes iniciativas de transformación cultural y económica de la sociedad rural (Darkoh, 1998).

En México, al profundizarse los problemas ecológicos, se multiplica la importancia del aspecto ambiental en los esfuerzos de la planeación económica, dado que una de las principales fuentes de riqueza de un país es el adecuado aprovechamiento de los recursos naturales. Por ello resulta paradójico que México, con enormes riquezas naturales, tenga índices de desarrollo humano, marginación y pobreza dispares (Ceja, 2008). Herrmann y Hutchinson (2005) consideraron que la falta de entendimiento de los procesos sociales, incluyendo las respuestas locales a perturbaciones económicas, forma parte del debate sobre el tema.

Para Pérez (2005), el deterioro de los recursos en las tierras secas o la propia incapacidad para incrementar la productividad del sistema agrícola generan permanentes flujos migratorios hacia los centros urbanos. Estas migraciones desestructuran a las familias rurales, generan una importante pérdida cultural y, por sobre todo, incrementan la pobreza extrema en los centros urbanos. Para un efectivo control de la desertificación, más que los efectos, hay que eliminar las causas que provocan ese deterioro. Por lo tanto, las estrategias apropiadas deberían incluir la identificación de dichas causas, su jerarquización y la determinación de las acciones pertinentes para su control (Becerra, 1998). Con la información obtenida, se estudia y evalúa el impacto del proceso de la desertificación sobre las condiciones socioeconómicas, en las cuencas agrícolas del valle de Santo Domingo y La Paz, Baja California Sur.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en las cuencas agrícolas del valle de Santo Domingo y La Paz, Baja California Sur. Se caracterizan por tener clima muy seco. El área silvestre es definida como matorral espinoso, sarcocaulé y xerófilo. El área agrícola está caracterizada por la producción de hortalizas (chile, jitomate), granos (maíz, trigo, sorgo, garbanzo), cítricos y forrajes (alfalfa). La tenencia de la tierra está dividida entre particulares con extensiones promedio de 100 hectáreas, y la ejidal con un promedio de 30 hectáreas, en el valle de Santo Domingo; mientras que en La Paz, la superficie promedio es de 5-10 hectáreas, tanto particular como ejidal. La sistematización de información de producción, superficie cosechada, por ciclo agrícola en las cuencas agrícolas del valle de Santo Domingo y La Paz, para los años de 2005 al 2009, se realizó a través de consultas en reportes oficiales de las dependencias de gobierno, de investigación y asociaciones de productores.

Se aplicaron encuestas a 142 productores en las dos cuencas de estudio, quienes de manera aleatoria fueron seleccionados con base al nivel tecnológico, superficie de cultivo, tipos de cultivo y nivel socioeconómico. El cuestionario incluyó preguntas abiertas y cerradas. Las encuestas y entrevistas se realizaron en tres momentos: la primera parte se realizó durante el mes de junio de 2009, una segunda etapa se realizó en el mes de febrero de 2010 y finalmente una tercera etapa de entrevistas se llevó a cabo en el mes de mayo de 2010.

Resultados y Discusión

Las interacciones de los seres humanos, con la tierra y el agua, han causado la desertificación en áreas extensas. En este sentido las cuencas agrícolas estudiadas han sufrido el deterioro causado por sobreexplotación de los recursos naturales. A partir de las encuestas aplicadas a los productores de las dos cuencas agrícolas en estudio se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 1), los cuales representan el porcentaje de respuesta afirmativa, y en su caso valores de referencia de la variable en cuestión.

Cuadro 1. Variables y resultados de las respuestas obtenidas de las encuestas en las cuencas del valle de Santo Domingo y La Paz, B.C.S.

Variable	Resultado
Superficie en uso.	58.7 %
Superficie sin labrar.	41.3 %
¿Observa salinidad en el agua de riego?	35.2 %
Incremento de costos de producción.	40.0 %
¿Recibe subsidios económicos?	89.5 %
¿Recibe asistencia técnica?	65.5 %
	Bajo: 16.9 %
	Medio: 69.0 %
Nivel tecnológico.	Alto: 14.1 %
	Bajo: 14.8 %
	Medio: 72.5 %
Nivel económico.	Alto: 12.7 %
Ganancia mensual estimada.	\$12,000 pesos
¿Tiene fuente secundaria de ingresos económicos?	20.4 %
¿Practica la rotación de cultivos?	38.7 %
¿Practica medidas de conservación de suelo?	21.8 %
¿Practica la agricultura orgánica?	1.5 %
¿Practica la agricultura convencional?	98.5 %
Número de empleados familiares.	Valor: medio = 1 moda = 1
Número de empleados externos.	Valor: medio = 6 moda = 3
Productor agrícola.	36.6 %
Ganadero.	8.4 %
Citricultor.	9.2 %
Productor mixto.	45.8 %

Del total de productores encuestados, 26 fueron ejidatarios y 116 productores privados; con un promedio de extensión de tierra de 30 y 100 hectáreas, respectivamente. En la Tabla 1 se observa que sólo el 58.7 % de la superficie de tierra cultivada en las cuencas de La Paz y Comondú se encuentra en producción, como valor promedio, aunque cabe aclarar, que por la superficie parcelaria por productor en La Paz, se llega a utilizar el 100 %, en contraste con la cuenca de Comondú, donde el porcentaje de tierra sin laborar es cercano al 42 %. Dentro de las causas de este abandono se encuentra la falta de agua de riego, dotación que ha sido restringida por la CONAGUA desde el año de 2003 a tan solo 200 millares al año por productor, cantidad que no alcanza para regar toda la tierra que años atrás se irrigaba.

En el caso de las parcelas de los ejidos, principalmente en el Ejido Ley Federal de Aguas #5, en Comondú, el incremento en la salinidad en el suelo es la principal causa del abandono de tierras. En este sentido, el 35.2 % de los encuestados refiere el incremento de este parámetro. Por lo que respecta al nivel tecnológico de los productores (medio-alto en promedio) representa una ventaja para desarrollar las actividades agrícolas con oportunidad, sin embargo, en la cuenca de Comondú la falta de recursos económicos de los productores, limita la implementación de sistemas más tecnificados, por ejemplo, los sistemas de pivote

central, a pesar de existir programas de apoyo gubernamental donde solo se solicita el 30 % del costo al productor, por lo que no ha sido acogida esta tecnología en la mayoría de los predios agrícolas.

La actividad económica de los encuestados es principalmente mixta (45.8 %), ya sea agrícola y ganadera, o bien agrícola y citrícola. Asimismo, el trabajo familiar representa solo la responsabilidad de una persona, mientras que el número de empleados varió de uno hasta 80, dependiendo del nivel tecnológico de la producción, en este último caso fue en la producción de chile y jitomate a cielo abierto y/o en invernadero donde se utiliza mayor cantidad de mano de obra para la cosecha, la selección y el empaque.

El número de empleados más frecuente fue de tres y el valor promedio de seis; los cuales en un 85 % son personal oriundo o vecindado de la región, mientras que el resto que trabaja solamente en la época de cosecha de tomate, chile, espárrago, etc., son personas que vienen o son traídos principalmente de los estados de Sinaloa, Michoacán, Oaxaca, Guerrero y Veracruz. Se estimó que el nivel económico de los productores es bajo en un 14.8 %, medio en un 72.5 % y alto en un 12.7 %, determinado por el nivel tecnológico de la producción, la extensión de tierra de cultivo en producción, el tipo de vivienda, y en general por la situación socioeconómica referida durante la entrevista. Cabe aclarar que el productor ejidal en su mayoría es quien presenta un nivel económico bajo, al grado de depender del dinero obtenido por la renta de sus tierras, ante la falta de recursos económicos para llevar a cabo la explotación de la misma.

La práctica de medidas de conservación de suelos solo fue reportada por el 21.8 % de los encuestados, mientras que la rotación de cultivos es practicada por el 38.7 % de los productores, aunque cabe aclarar que los mismos refieren como rotación de cultivo a la práctica que desarrollan al producir un cultivo en el ciclo primavera-verano y otro en otoño-invierno, pero son los mismos cada año agrícola. Así, la agricultura convencional es la que se practica principalmente (98.5 %) en las cuencas de Comondú y La Paz, mientras que el 1.5 % practica la agricultura orgánica, o dice hacerlo, porque reportó por un lado la utilización de estiércol como forma de fertilizar sus cultivos y además por la incorporación de prácticas de conservación de suelo y agua y la no utilización de agroquímicos. Se detectó que una de las principales causas de los bajos ingresos económicos de los productores en las dos cuencas en estudio ha sido la falta de adecuados canales de comercialización para sus productos.

Como ejemplos se pueden mencionar los siguientes: en el cultivo de garbanzo, solo se tiene apoyo financiero para producir y comercializar en la cuenca de Comondú por parte de la empresa Macarena, S.A., la cual establece el precio de compra-venta, aunque en las estadísticas estatales se reporta —a exportación del valle de Santo Domingo— de este producto, en realidad, los productores no son beneficiados de tales exportaciones. Si se quiere producir garbanzo con el reconocimiento de su tolerancia a la salinidad del suelo y agua, el productor tendrá que registrar un convenio con dicha empresa.

Solo se da crédito de avío a aquel productor que firme convenio con ellos, acaparando la producción de garbanzo de la región. Para el caso de la naranja si bien no hay empresa acaparadora de esta producción, el citricultor es presa de los intermediarios que fijan el precio a su conveniencia, obligando a los productores en ocasiones a no cosechar la naranja, porque el precio no paga ni la mano de obra.

A pesar de los anuncios de apoyos económicos por parte de las autoridades estatales, municipales y federales, hacia los productores de las cuencas en estudio, por ejemplo, que más de 13,400 hectáreas de uso agrícola se han tecnificado con sistemas de riego en el estado, los beneficios no se ven reflejados en las condiciones socioeconómicas de ellos, situación que se constató durante las entrevistas realizadas en las casas y fincas de los productores, donde se puede afirmar que para la mayoría de ellos —tiempo se detuvo— un par de décadas atrás. El cambio de uso del suelo en la cuenca de La Paz, en este momento, representa una alta presión sobre los productores locales, después de que la región producía alrededor de 200 hectáreas de cítricos, en la actualidad solo quedan vestigios de aquella producción que caracterizaba a la cuenca, constatándose con el hecho de que solo existen aproximadamente 20 o 30 hectáreas de este cultivo.

Cabe señalar, que se encuentran ya rodeadas de fraccionamientos residenciales, y que al paso de los meses o un par de años, quizá, sean transformadas esas huertas en casas habitación, todo generado por el crecimiento poblacional que ha sufrido la cuenca de La Paz en los últimos años (Figura 1).

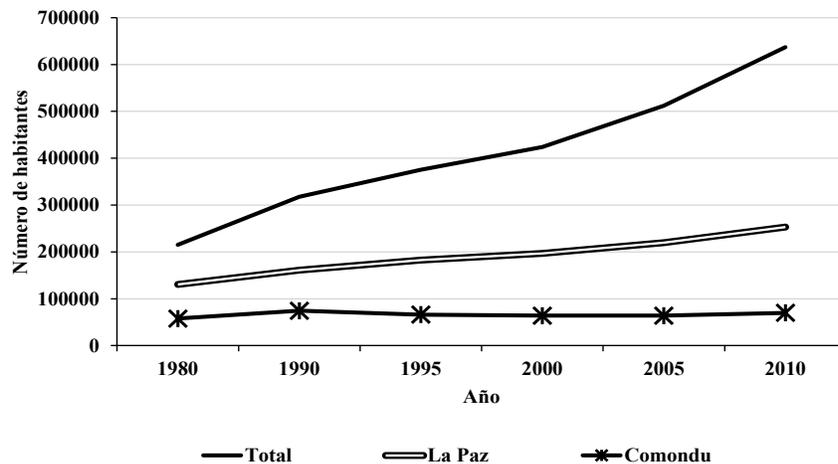


Figura 1. Tendencias del crecimiento poblacional estatal y municipal en B.C.S. (INEGI, 2010).

En el año 2010 INEGI reportó que la población del municipio de La Paz representó el 39.7 % y Comondú solo el 10.97 % del total estatal. Al respecto se observó un incremento poblacional durante los últimos 30 años en el estado de B.C.S. del 196 %, en Comondú del 21 % y en La Paz ha sido del 94 %, lo que muestra el gran impacto que sobre los recursos naturales ha propiciado este crecimiento demográfico. Cabe señalar que en Comondú se presentó una disminución de la población del 14 % entre los años de 1990 y 2005, en gran medida propiciado por la emigración de la población económicamente activa, al no tener oportunidades de trabajo y desarrollo económico en el municipio.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación evidencian el deterioro ambiental que han sufrido las cuencas de La Paz y Comondú, propiciado en gran medida por el manejo y uso inadecuado de los recursos naturales, y por el desmesurado crecimiento poblacional, que motiva el proceso de deforestación para la apertura de nuevos núcleos habitacionales. Asimismo se deben promover esquemas de apoyo en aspectos de comercialización, de agroindustrialización, de capacitación en el uso y manejo eficiente del agua, de financiamiento, de organización, de sanidad, de tecnología, y en general, en las diferentes etapas de la cadena agroalimentaria; puesto que los resultados obtenidos dan evidencia del deterioro en las condiciones socioeconómicas de los productores de las dos cuencas.

Literatura Citada

- Becerra, M.A. 1998. Conservación de suelos y desarrollo sustentable, ¿Utopía ó posibilidad en México? *Terra Latinoamericana* 16(2): 173-179.
- Ceja, M.C. 2008. Degradación de los suelos y pobreza en México. *Economía Informa*, UNAM 350: 89-93.
- Darkoh, M.B.K. 1998. The nature, causes and consequences of Desertification in the drylands of Africa. *Land Degradation & Development* 9: 1-20.
- Herrmann, S.M. and C.F. Hutchinson. 2005. The changing contexts of the desertification debate. *Journal of Arid Environments*. 63: 538-555.
- López, R.M. 2006. Elementos para el diseño de una política de uso sustentable de las tierras ganaderas de Sonora. *Estudios Sociales* 14(27): 140-157.
- Pérez, P.O. 2005. La desertificación en la República Argentina. En: *La Situación Ambiental Argentina 2005*. Dirección de Conservación del Suelo y Lucha contra la Desertificación, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Ministerio de Salud y Ambiente de la Nación. Argentina. Pp. 433-435.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2000. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial Geo-3*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.

LA CONSERVACION DE SUELOS Y PRODUCCION AGRICOLA EN CUENCAS HIDROGRAFICAS DEL ESTADO DE CHIAPAS

Villar Sánchez Bernardo¹, López Martínez Jaime¹, Cena Velázquez José Manuel² y Camas Gómez Robertony¹.

¹INIFAP. villar.bernardo@inifap.gob.mx,

²Campus V. Universidad Autónoma de Chiapas. jcena@unach.mx

Resumen

Este trabajo se desarrollo para generar tecnología de producción y conservación en la cuenca del rio Catarina, incluyendo la caracterización de la Cuenca, la estimación de la erosión hídrica actual y el ordenamiento espacial de las obras conservacionistas; además la selección del sistema conservacionista, y la evaluación de los impactos de este sobre el escurrimiento y entrega de sedimentos en cuencas, así como la utilización de esta información para generar un protocolo para la toma de decisiones en conservación y producción en cuencas. Los resultados obtenidos indicaron que gran porcentaje de la superficie de la cuenca en estudio está afectada por erosión hídrica en diferentes grados, siendo las categorías de máxima erosión las de mayor extensión; que la distribución espacial de un paquete básico de conservación depende de la fisiografía del terreno, su topografía y red de drenaje. Asimismo, que a nivel de microcuenca los tratamientos alternativos como el MIAF, permiten disminuir sustancialmente los niveles actuales de erosión y escurrimiento en comparación con el sistema actual de maíz solo. Que bajo las mismas condiciones de suelo y pendiente, el sistema MIAF presentan un índice de productividad sostenible en un periodo de 100 años en comparación con el sistema tradicional de maíz solo sembrado bajo labranza tradicional y sin prácticas de conservación.

Abstract

This work was developed to generate production and conservation technology in Santa Catarina Basin. Including the characterization of the basin, estimation of actual water erosion, the spatial distribution of conservation practices. Additionally the selection of the conservation practices, and the evaluation of their impact on water runoff and sediment delivery, and the use of this information to generate a protocol for decision making in conservation and watershed management was achieved. The results showed that a large percentage of the catchment area under study is affected by water erosion to varying degrees: the maximum erosion categories were on the most extensive areas, the spatial distribution of the basic package of soil conservation depends on the physiographic of terrain, topography, and drainage network. It was observed that at micro-level the alternative treatments such as MIAF allow substantially reduction in the actual levels of erosion and water runoff compared with the current corn system alone. Finally under the same soil and slope conditions, the MIAF system show an index of sustainable productivity in a period of 100 years, compared with the traditional corn system under conventional tillage alone and without conservation practices.

Introducción

El grado de deterioro del recurso suelo, principalmente por erosión hídrica en los usos agrícola, pecuario y forestal y su impacto sobre la productividad del suelo y sostenibilidad de los sistemas de producción, así como el efecto de la erosión en la infraestructura, contaminación de cuerpos de agua e inundaciones que afectan a la sociedad en su conjunto, son indicadores que señalan la urgencia que existe para atender este problema. Para el caso de la cuenca del rio Catarina, que incluye áreas forestales; agrícolas y pecuarias, presenta diferentes grados de deterioro del suelo, que aunque no esta evaluado cuantitativamente si se observa su magnitud aguas abajo, afectando a los habitantes de otras cuencas, por lo que este trabajo de investigación se enfoco a diagnosticar el estado actual de los recursos, identificar áreas mas degradadas, aplicar sistemas de conservación ordenados espacialmente y evaluar sus impactos a nivel de microcuenca piloto y a nivel de cuenca en su conjunto.

Materiales y Métodos

El trabajo se desarrollo en la cuenca del río Catarina, ubicada entre los paralelos 93° 32' 00" y 93° 55' 10" de longitud oeste y los meridianos 16° 18' 00" y 16° 35' 25" de latitud norte, al sur-oeste del estado de Chiapas con una superficie de 77,898.5 ha. Tiene una precipitación media anual de 1,457 mm, y una temperatura media anual de 26.2 °C. Las unidades de suelos predominantes son las asociaciones Regosol eutrítico + Feozem haplico + Cambisol crómico cuya área total es superior al 46% de la superficie total de la cuenca. La topografía de la cuenca comprende terrenos ubicados en tres unidades fisiográficas: laderas, terrazas y planicies.

A nivel de microcuenca. Para generar información sobre el efecto de sistemas integrados de producción y conservación sobre la erosión y producción en cuencas, se realizo un estudio de investigación que incluyo las siguientes actividades: a). Selección de la microcuenca Belén, que comprende una área aproximada de 1.5 ha, de uso agrícola. b). Se estudiaron los siguientes tratamientos: 1. Milpa intercalada en árboles frutales de guayaba pero (MIAF); 2. Maíz de temporal entre barreras de muro vivo a base de *gliricidia sepium*; y 3. Testigo regional de maíz solo. Estos tratamientos fueron establecidos cada uno en una microcuenca de uso agrícola para medir sus impactos sobre la erosión y escurrimiento, para lo cual se tomaron datos de campo sobre erosión y escurrimiento por evento, así como agronómicos y económicos

A nivel de cuenca. Para llevar a mayor nivel jerárquico los resultados de investigación generados en la microcuenca, se realizo un muestreo sistemático de suelos basado en una malla de 2 x 2 km para toda la cuenca, donde se tomaron muestras de suelo para su análisis rutinario en el laboratorio y datos del sitio como pendiente, grado de erosión y uso del suelo. Además, para cuantificar las condiciones actuales de erosión del suelo y de producción del cultivo de maíz, y diseñar la mejor forma de corregir esta condición, además de definir espacialmente las perspectivas de aplicación de los sistemas integrados de producción y conservación mediante áreas potenciales, fue necesario cuantificar dos cualidades del suelo: - el nivel de erosión hídrica actual y - el índice de productividad. Bajo este esquema y con la información existente se estimo para cada punto de la malla el nivel de erosión actual y el índice de productividad. Con estos valores y con el uso del SIG se realizo una interpolación de los valores del índice de productividad para generar los mapas de áreas potenciales

La erosión actual fue determinada la Ecuación Universal de Pérdidas del suelo (EUPS) propuesta por Wischmeier y Smith (1978): $A = RKLSCP$. Donde A es la erosión actual ($\text{ton ha}^{-1} \text{año}^{-1}$); R es el Índice de erosividad de la lluvia ($\text{MJ.mm ha}^{-1} \text{hr.año}$); K es el Índice de erosionabilidad del suelo ($\text{ton ha}^{-1} \text{MJ.mm}^{-1} \text{ha.hr}^{-1}$); S es el grado de la pendiente (adimensional); L es la longitud de pendiente (adimensional); C es el factor de la cobertura del suelo (adimensional) y P es el factor de prácticas para el control de la erosión (adimensional). Después de obtener todas las capas temáticas de los factores de la ecuación en formato raster y después de calcular la superficie que ocupan estas, mediante el comando Map calculator de ArcView, se obtuvo el mapa de Erosión hídrica actual.

Posteriormente se realizo el Ordenamiento espacial de obras y prácticas de conservación del agua y suelo, considerando como criterios las tres unidades fisiográficas laderas, terrazas y terrenos planos, así como la topografía y la red de drenaje.

El índice de productividad (IP) fue utilizado para determinar el nivel actual y futuro de la producción de los cultivos en función del grado de erosión en los sistemas considerados en este estudio y para definir las áreas potenciales de los mismos. Fue obtenido para cada punto de la malla para los sistemas de producción considerados, mediante la utilización del modelo de simulación Erosión Productivity Impact Calculator (EPIC) (Williams, *et al.* 1983). Esta decisión fue tomada por considerar a este modelo como el más apropiado dada la información disponible y por estar ya calibrado para la zona de estudio (Villar, 1998). El índice de productividad fue calculado mediante simulaciones a 100 años con el modelo EPIC y con la relación:

$$IP = \frac{\text{Rendimiento del sistema en suelo erosionado}}{\text{Rendimiento del sistema en suelo no erosionado}}$$

Donde para el área de estudio de acuerdo a estudios previos (Villar, 1998) el nivel de rendimiento potencial para un suelo no erosionado es de 6.0 ton/ha. Los valores de IP obtenidos fueron graficados en el eje Y contra los 100 años simulados en el eje X para observar las tendencias seguidas por el sistema de producción considerado para dicho periodo de tiempo. Asimismo, Para incluir el aspecto económico en la evaluación se considero el concepto de rendimiento mínimo rentable definido como el nivel de rendimiento del sistema arriba del cual la producción del sistema es suficiente para cubrir los costos de producción y obtener un margen de ganancia superior al de cualquier otro uso alternativo del dinero en ese periodo de tiempo. Para el área de estudio, considerando los costos actuales de producción así como el valor del producto en el mercado se considera que el rendimiento mínimo rentable deberá ser de 4 ton/ha. Con este valor de rendimiento y el del rendimiento potencial se obtiene un valor umbral de IP de 0.5 contra el cual se compararon las tendencias de los sistemas evaluados.

Un sistema fue considerado como sostenible cuando su tendencia proyectada a 100 años a futuro se mantuvo por arriba del valor umbral del IP (IP umbral=0.5). Al calcular para cada punto de la malla las tendencias de cada sistema evaluado y compararlas contra ese valor umbral se obtuvieron los años de vida del sistema. Finalmente, el IP se obtuvo con la siguiente relación:

$$IP = \frac{\text{No. años de producción rentable}}{100}$$

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presenta el escurrimiento superficial y pérdida de suelo por sistema de manejo. Se puede observar que los valores más bajos de escurrimiento anual, coeficiente de escurrimiento y pérdida de suelo los presentaron los sistemas MIAF y MBV respectivamente, lo cual demuestra la bondad de ambos sistemas agroforestales en la conservación del suelo y agua. Resultados similares han sido obtenidos en el sistema MIAF con árboles de durazno (Martínez, 2004), maíz con terrazas de muro vivo en los Tuxtlas, Veracruz por (Uribe *et al.*, 2002 y Francisco *et al.*, 2005) y maíz con barreras vivas en La Frailesca, Chiapas (Ramírez y Oropeza, 2001). De los 59 eventos de lluvia ocurridos en la microcuenca de estudio en el 2010, 34 registraron escurrimiento superficial y producción de sedimentos. Por su parte, El sistema maíz con labranza cero (MLC) se asoció a un mayor coeficiente de escurrimiento y mayor pérdida de sedimentos, indicando que existe una mayor capacidad de transporte de las partículas de suelo.

Cuadro 1. Escurrimiento superficial y pérdida de suelo por sistema de manejo.

Sistema de manejo	Escurrimiento superficial (mm)	Coefficiente de escurrimiento (%)	Pérdida de suelo (t ha ⁻¹ año ⁻¹)
MIAF	137.5	12.4	5.9
MBV	142.7	13.1	6.3
MLC	205	18.6	10.8

MIAF= Milpa intercalada con árboles frutales; MBV= Maíz con barreras vegetativas; MLC=Maíz en labranza de conservación

Los resultados obtenidos de la erosión actual a nivel de toda la cuenca se agruparon en 4 categorías: Moderada, alta, severa y extrema, siendo la de erosión extrema que incluye tasas de erosión superiores a las 500 ton/ha/año ocupa una área de casi el 50% del total, lo cual justifica ampliamente cualquier programa de conservación y producción de agua y suelo.

En el Cuadro 2 se presentan los resultados de un análisis sobre la erosión actual y la calculada con un "paquete básico" de prácticas de conservación, considerando el tipo de suelo y la pendiente. Se observa

que la erosión varía al variar el tipo de suelo y la pendiente del terreno. En la cuenca predominan los suelos del orden Regosol Eutrítico en un 46% del total muestreado con dominancia en la pendiente del 30%. Bajo esas condiciones las tasas de erosión actual son del orden de las 295 ton/ha/año, nivel muy por encima del permisible, dadas las condiciones de baja cobertura; sin embargo bajo un escenario donde se manejan las prácticas de conservación, la tasa de erosión mencionada disminuye a 118 ton/ha/año a nivel puntual, siendo este nivel todavía muy elevado. En segundo lugar predominan los suelos del orden Luvisol crómico en su mayoría ubicados en pendientes menores al 10%. Bajo estas condiciones las tasas de erosión actual son del orden de las 74 ton/ha/año, mimas que se reducen a 29 o menos cuando se aplican practicas de conservación. En este caso, la erosión es un problema leve y controlable con poco esfuerzo. En tercer lugar y también muy importante en cuanto a superficie ocupada dentro de la cuenca es el orden de los litosoles, cuya predominancia está en condiciones de pendientes de 30% y mayores. Bajo estas condiciones, la erosión actual supera las 300 ton/ha/año y su reducción con un sistema de prácticas de conservación solo llega a las 128 ton/ha/año. Patrones similares de variación se observan para el resto de tipos de suelo en cuanto a la erosión actual y su reducción al aplicarse un "paquete básico" de obras y practica de conservación.

Cuadro 2. Erosión actual y potencial para diferentes tipos de suelo y pendiente en la cuenca del rio Catarina.

Tipo Suelo	Numero de muestras	%	Pendiente (%)	Erosión(ton/ha/año)	
				Actual	Con PC
Regosol Eutrítico N=361 %=46	10	3	2.5	9	4
	45	12	10	76	30
	221	61	30	295	118
	85	24	98	65	26
Luvisol Crómico N=143 18%	66	46	2.5	10	4
	45	31	10	74	29
	32	22	30	295	118
			98		
Litosol N=117 15%	7	6	2.5	12	5
	20	17	10	83	33
	62	53	30	316	128
	28	24	98	65	26

El ordenamiento espacial de obras prácticas de conservación se realizo considerando el criterio de la unidad fisiográfica, donde en las laderas con pendientes de más de 15%, las acciones de conservación están dirigidas a controlar los escurrimientos, con el establecimiento de obras en combinación con prácticas de conservación. En la parte media con topografía ondulada, la conservación esta dirigida a controlar los escurrimientos, con el establecimiento de obras y prácticas de conservación en combinación con prácticas para la rehabilitación de suelos y de tecnología moderna de producción. En la parte baja con terrenos de topografía plana, el manejo deberá mantener los niveles de erosión en los límites permisibles y aplicar tecnología moderna de producción para producciones rentables y sostenidas.

El IP calculado para tres sistemas de producción incluyendo al sistema de producción testigo local, bajo las mismas condiciones de suelo y pendiente indica que el sistema tradicional de maíz solo sembrado bajo labranza tradicional presenta una tendencia negativa cuyo periodo de vida productivo solo se mantiene rentable hasta los 50 años considerando el valor umbral del IEP de 0.5. Sin embargo, al cambiar del sistema de producción tradicional por un sistema de producción y conservación alternativo que incluye un "paquete básico" de tecnología de conservación, el periodo de vida productivo de prolonga 10 años. El

mejor escenario resulta el sistema alternativo de maíz sembrado bajo el sistema MIAF en combinación con el "paquete básico" de tecnología de conservación incluido en el segundo sistema de producción, ya que con este sistema se logra un periodo de vida productivo de 100 años con una tendencia sostenible por encima del valor umbral del IEP de 0.5. Sin embargo, considerar que las tendencias y valores del IEP varían con el tipo de suelo, pendiente y sistema de producción, por lo que para propósitos de una proyección horizontal del IEP con fines cartográficos estos factores deben ser considerados. El complemento de este análisis es la cartografía de las áreas con diferente potencial para la producción y conservación de suelos bajo sistemas integrados expresado por IP.

Conclusiones

- La cuenca en estudio está afectada por erosión hídrica en diferentes grados, siendo las categorías de máxima erosión las de mayor extensión.
- La variabilidad espacial de la erosión y el escurrimiento depende principalmente de los factores tipo de suelo y pendiente del terreno, por lo que la distribución espacial de las obras y prácticas de conservación debe considerar ambos factores
- A nivel de microcuenca los tratamientos alternativos (sistemas integrados de producción y conservación) como el MIAF, permiten disminuir sustancialmente los niveles actuales de erosión y escurrimiento en comparación con el sistema actual de maíz solo.
- Bajo las mismas condiciones de suelo y pendiente, Los sistemas integrados de producción y conservación como el MIAF presentan un índice de productividad sostenible en un periodo de 100 años en comparación con el sistema tradicional de maíz solo sembrado bajo labranza tradicional y sin prácticas de conservación el cual presenta una tendencia negativa no sostenible.

Literatura Citada

- Bricquet, J.P., and J. Claude. 1998. Latest developments in the design of hydrological studies of watersheds. In penning de Vries, F.A. and J. Kerr (Eds.). Soil erosion at multiple scales. Ibsram and Cabi publishing. pp. 175-191
- Cortés F. J. I.; Turrent F., A.; Díaz V., P.; Hernández R., E.; Mendoza R., R.; y Aceves R., E. 2005. Manual para el establecimiento y manejo del sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF) en laderas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 27 p.
- Figueroa, S.B., A. Amante O., G. Cortés T., J. Pimentel L., E.S. Osuna C., M. Rodríguez O., y F. J. Morales F. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mex. 150 p.
- Francisco, N.N. 2005. Productividad y erosión hídrica en tres sistemas de manejo del cultivo doble de maíz en una ladera del trópico subhúmedo de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 121 p.
- He, Ch. 2003. Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management, Environmental Modelling & Software 18(8-9): 809-813.
- INEGI. 1998. Carta Edafológica E1502 escala 1:250,000.
- Lal R. 1988. Monitoring soil erosion's impact on crop productivity. In Lal, R. (Ed.) Soil erosion research methods. Soil and water conservation society. pp. 187-200
- Martínez, M.M. 2004. Proyecto Manejo Sustentable de Laderas. Caracterización geográfica y medición de escurrimientos. Informe 2004. Colegio de Postgraduados. [Http://www.colpos.mx/proy_rel/ladera/SubproyectoA.htm](http://www.colpos.mx/proy_rel/ladera/SubproyectoA.htm)
- Ramírez, C.M.E. y Oropeza M.J.L. 2001. Eficiencia de dos prácticas productivo-conservacionistas para controlar erosión en laderas en el trópico. Agrociencia. 35:489-495.
- Uribe, G.S.; Francisco, N.N. y Turrent F.A. 2002. Pérdida de suelo y nutrimentos en un Entisol con prácticas de conservación en Los Tuxtlas, Veracruz, México. Agrociencia. 36:161-168.
- Villar S., B. B. Figueroa S., J.L. Oropeza M., L. Landois P. y V. Volke H. 1998. Erosionabilidad de suelos y su impacto en la productividad del maíz en el trópico mexicano. Agrociencia. 32: 199-207.
- Williams, R.J. and K.G. Renard and P.T. Dyke. 1983. A new method for assessment erosion's effect on soil productivity. J. Soil and Water Conservation. 38(5):381-383
- Wischmeier, W.H., and D.D. Smith. 1978. Predicting rainfall erosion losses a guide to conservation planning. U.S. Department of Agriculture. Agriculture handbook No. 537. 58 p.

DEGRADACIÓN DE SUELOS POR EROSIÓN HÍDRICA Y TÉCNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN TABASCO

Palma-López, David. J.¹ y Shirma Torres, Edgar D.¹
Colegio de Postgraduados Campus Tabasco¹. E-mail: dopalma@colpos.mx

Resumen

La presión ejercida por la sobrepoblación humana sobre los recursos naturales en las últimas décadas está provocando la degradación y desertificación de millones de hectáreas en el mundo, lo que se manifiesta principalmente por la erosión del suelo. En estado de Tabasco para hacerle frente a ésta degradación, la mejor alternativa es usar el suelo bajo el enfoque del desarrollo sustentable, en el cual, además de la satisfacción de las necesidades humanas, implica la conservación ambiental. En este trabajo se presenta la estimación de la erosión hídrica en el estado de Tabasco, la cual nos señala que existen 31.2% de suelos con erosión moderada, 4.1% con erosión alta y 2.1% con erosión muy alta; el resto de los suelos presenta erosión nula. Mediante una estimación de campo se corroboraron estos datos con técnicas sencillas basadas en artefactos como corcholatas y clavos. Finalmente se plantean alternativas de manejo de conservación de suelos para los diferentes riesgos de erosión estimados.

Palabras claves: *Erosión hídrica, deterioro ambiental y métodos de conservación*

Abstract

In the last decades the pressure submit by human overpopulation on natural resources has cause land degradation an desertification of millions of hectares in the world, one of the manifestation of this problem is the soil erosion. The best alternative to confront this degradation in Tabasco state, is to use the soil under the focus of sustainability, that includes the satisfaction of human needs and environmental restoration. In this study we present the Tabasco state estimations of hydric erosion, the data points out that exist 31.2% of soils have moderate erosion, 4.1% have high erosion, and 2.1% have very high erosion; the rest of the soils presents zero erosion. The data was corroborated whit a field estimation by the use of simple techniques based on metal bottle tops and nails. Finally we suggest alternatives management for the soil conservation on the different erosion risks

Key words: *Water erosion, environmental degradation and conservation methods*

Introducción

Los suelos son sistemas naturales que mantienen una gran diversidad de plantas, aportando nutrientes además de servir de sostén a las mismas. En regiones tropicales existen suelos con características de procesos de formación muy intensos, resultado de factores tales como el clima, la biota y el relieve, entre otros. Estos suelos mantienen su fertilidad principalmente por la vegetación, cuando ésta es sustituida, son frágiles al manejo, ya que se pierden grandes cantidades de material orgánico y la capacidad para retener la humedad y la fertilidad del suelo, siendo la causa principal la erosión hídrica. Los suelos de Tabasco, son un ejemplo de esta situación, donde la desaparición de las selvas para dedicar las tierras a actividades agrícolas y pecuarias ha originado graves problemas de degradación. Se ha generado información sobre uso sustentable de los suelos, potencialidad y uso actual, sin embargo, los procesos de degradación de los suelos solo han quedado en evaluaciones y se carece de programas de restauración, manejo y conservación de suelos que permitan mitigar y prevenir estos problemas. La conservación de suelos ha sido definida como —la ciencia de mantener y/o aumentar la productividad de los terrenos mediante prácticas mecánicas, vegetativas y agronómicas, que deben ser aplicadas de acuerdo a las características particulares de cada tipo de terreno” (Torres, 1984). El campo de la conservación de los suelos es muy amplio, pudiendo incluir todas las prácticas para combatir los procesos de degradación de la tierra. Los objetivos específicos de la conservación de suelos son: a) controlar la pérdida de nutrimentos de las tierras agrícolas, b) reducir el aporte de sedimentos a lagos, presas, ríos, canales, y cuerpos de agua en general, y c) reducir el daño causado a cultivos por los materiales transportados por el viento y el agua. En el último estudio realizado

por la SEMARNAT y Colegio de Postgraduados (2002), señalan que Tabasco es uno de los tres estados más afectados por la degradación de sus suelos, con un tipo de degradación química y física. Por lo anterior este trabajo presenta la erosión estimada y cuantificada en Tabasco y las alternativas para mitigar y/o revertir el fenómeno.

Materiales y Métodos

El área estudiada correspondió al estado de Tabasco, el cual se ubica en la región sureste de la República Mexicana, situado entre las coordenadas 17° 19' y los 18° 39' de latitud norte, y los 90° 57' y 94° 08' de longitud oeste. Sus límites son al norte con el Golfo de México, hacia el sur con estado de Chiapas, al oeste con el estado de Veracruz, al noreste con estado de Campeche y al sureste con la República de Guatemala. Tiene una superficie total de 24, 661.0 km², equivalente al 1.3 % del territorio nacional. El clima corresponde a tres tipos: cálido húmedo con lluvias todo el año Af(m), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Am(f) y cálido subhúmedo con lluvias en invierno (Aw), (INEGI, 2005). Se hicieron tres trabajos consecutivos. En primer lugar se estimó la pérdida de suelos para ello se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS). La función que describe el proceso erosivo es: $A = R K L S C P$, este modelo empírico actualmente es el más usado, la pérdida de suelo está expresada como masa por unidad de área por unidad de tiempo y es una función del efecto combinado de seis factores (Figueroa *et al.*, 1991): factor de erosividad de la lluvia (R); factor de erosionabilidad del suelo (K); factor de longitud de pendiente (L); factor grado de la pendiente (S); factor uso y vegetación (C), y factor prácticas de conservación (P). Esta función expresa realmente la *erosión actual*, donde los factores C y P pueden ser modificables, mientras que la *erosión potencial* se expresa como $E_p = R K L S$, estos parámetros son inmodificables y refleja la pérdida de suelo en caso de no haber cubierta vegetal ni prácticas de conservación. Posteriormente se establecieron diez parcelas experimentales para cuantificar la erosión en el municipio de Huimanguillo. Las parcelas se distribuyeron a lo largo de zonas fisiográficas: Sierra, Lomeríos y Llanura aluvial. en cada parcela se establecieron 16 puntos en donde fueron enterradas corcholatas y clavos distribuidos de acuerdo al nivel de la pendiente. La medición se hizo durante un año (Anaya *et al.*, 1991; Palma-López *et al.*, 2008)). Finalmente se diseñaron manejos de conservación de suelos para las diferentes riesgos de erosión en el Estado basados en las experiencias en la región y en México.

Resultados y discusión

Degradación por erosión hídrica en estado de Tabasco

La erosión hídrica de suelos se refiere a la disminución del grosor del suelo que se encuentra en la parte superficial, por la acción de los impactos de las gotas de lluvia y la escorrentía, que se genera sobre el suelo al ser saturada por el agua acumulada (Figueroa *et al.*, 1991; Leyden y Oldeman, 1997). Los resultados para el estado de Tabasco se muestran en el Cuadro 1. De acuerdo a los valores por erosión por lluvia calculada en Tabasco en su valor más alto alcanza las 900 toneladas por hectárea de pérdida de suelo al año. La mayor erosión de suelos se presenta en los municipios de Huimanguillo, Teapa y Balancán, por lo que estas áreas requieren mayor atención y aplicación de programas de conservación. El área más afectada por el riesgo de erosión es la zona fisiográfica de lomeríos, en la cual se detectó la clase de erosión moderada. Si se observa que en este rango la pérdida de suelos implica un desgaste de 0.6-3.3 mm año⁻¹, esto pasa desapercibido en la vida diaria, y esto explica el poco interés que en Tabasco le ponen a los procesos erosivos del suelo, aunque esto implique problemas secundarios como: azolvamientos, inundaciones y pérdida de la calidad y productividad de las tierras.

Evaluación de la erosión hídrica en Huimanguillo, Tabasco

Se considera que las evaluaciones de los procesos degradativos por erosión son de naturaleza debido a su dinamismo, costo y tiempo requerido (Trueba *et al.*, 2004). En esta sección se presentan algunos datos de erosión hídrica evaluados directamente en campo en el municipio de Huimanguillo, Tabasco Como era de esperarse la zona de la sierra registra los niveles más altos de degradación por erosión hídrica (135 t ha⁻¹ año⁻¹ en promedio), debido a las fuertes pendientes, suelos vulnerables y a las altas precipitaciones que se

presentan. En el caso de los lomeríos altos presentaron valores de $55 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en promedio y los lomeríos bajos $38 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en promedio. Los rangos de erosión coinciden en su mayoría con los estimados por la EUPS (Cuadro 1). En el caso de la erosión medida en la llanura aluvial ($72 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en promedio), se consideró como un error de medición, ya que debido a que los suelos dominantes (Vertisoles y Cambisoles), presentan altos contenidos de arcilla del tipo 2:1, hay una gran movilidad del suelo provocando que las corcholatas y clavos se muevan y emerjan a la superficie, lo cual falsea la información (Palma-López *et al.*, 2007; Palma-López *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Erosión estimada mediante la EUPS en los suelos del estado de Tabasco

Clase de Erosión	Pérdida de suelo		superficie afectada, ha (% del total)
	$\text{t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$	mm año^{-1}	
Nula	< 10	< 0.6	1525310 (62.5%)
Moderada	10-50	0.6-3.3	762,850 (31.2%)
Alta	50-200	3.3-13.3	101493 (4.1%)
Muy alta	> 200	> 13.3	51720 (2.1%)

La conservación de suelos en Tabasco

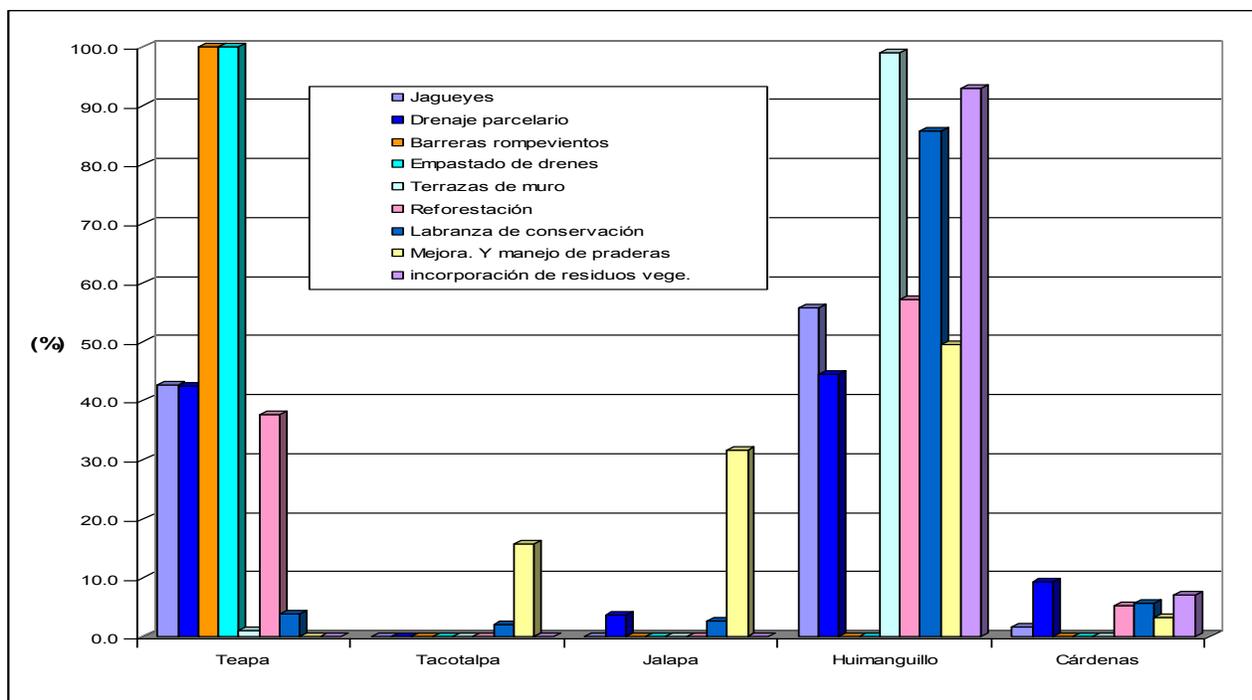
En los últimos años se ha implementado el Programa Manejo del Agua y Preservación del Suelo como parte del trabajo realizado por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con ello se ha generado un inventario con información de prácticas de conservación de suelos llevadas a cabo por productores. Dentro de este programa, se realizaron prácticas de drenaje parcelario, barreras rompevientos, empastado de drenes, terrazas de muro vivo, reforestación, labranza de conservación, mejoramiento y manejo de praderas e incorporación de residuos, las cuales se realizaron principalmente en los municipios de Huimanguillo y Teapa (CONAGUA-CP, 2010). El diseño de las estrategias para el combate de la erosión tiene que basarse en estudios de la mecánica de desprendimiento y transporte de las partículas del suelo por dispersión pluvial, escorrentía y viento (Becerra, 1999). Comúnmente con estas estrategias se pretende alcanzar los siguientes objetivos: a) proteger al suelo contra el impacto de la lluvia, b) aumentar la capacidad de infiltración del suelo para reducir el volumen de la escorrentía, c) mejorar la estabilidad de los agregados, para aumentar su resistencia a la erosión, y d) aumentar la aspereza de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento superficial y/o del viento. Estos objetivos se pueden lograr mediante prácticas biológicas y prácticas mecánicas, cada una de las cuales afecta en mayor o menor magnitud a los procesos que intervienen en la erosión. Los métodos mecánicos se basan en la manipulación de la topografía superficial para disminuir el flujo del agua y del aire, como es el caso de las terrazas cortinas rompe vientos (Figuroa *et al.*, 1991). Cabe mencionar que las prácticas mecánicas son poco eficientes por sí mismas en la conservación del suelo, debido a que no previene el desprendimiento de las partículas. De hecho su papel principal es de complemento defensivo de las prácticas biológicas (Becerra, 1999). En la figura 1 se muestran algunas de las técnicas de conservación realizadas para algunos municipios del estado. Se observa que en los municipios Teapa y Huimanguillo que presentan zonas de lomeríos y sierra; en los cuales existen pendientes de hasta 35 % en lomeríos, las cuales son suficientemente inclinadas como para incidir en una erosión severa si no se tiene un manejo adecuado. Este problema aumenta conforme se avanza a la sierra, es por ello que estos municipios se han realizado ya prácticas tales como barreras rompevientos, terrazas de muro vivo, empastado de drenes, reforestación, así como labranza de conservación e incorporación de residuos (CONAGUA-CP, 2010).

Clases para la conservación y manejo de los suelos en el estado de Tabasco

Retomando del análisis cartográfico de Palma-López *et al.*, (2008), donde realizaron una modelación usando bases de datos de uso del suelo, tipos de suelos, pendiente del terreno y erosión. Finalmente se obtuvo un mapa donde se presentan los tipos de suelos por clases, a cada una de las cuales le corresponde una recomendación de conservación de suelos, dicha información se resume y explica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Clases para la conservación y manejo de los suelos en el estado de Tabasco

Grupos de suelos	Pendiente (%)	Riesgo de erosión	Prácticas de recomendación
Acrisol, Arenosol, Cambisol, Fluvisol, Luvisol	0-5	Nulo	Conservación, protección y enriquecimiento de vegetación
Acrisol, Cambisol, Fluvisol, Gleysol, Histosol	0-5	Nulo	Conservación y protección
Leptosol, Vertisol	5-40	Moderado a alto	Protección, enriquecimiento de vegetación, conservación, restauración, cobertura permanente, rotación de cultivos, cultivos intercalados, cultivos de cobertera, surcado en contorno, barreras vivas y presas de malla de alambre para cárcavas
Leptosol, Vertisol	>40	Muy alto	Conservación, restauración, terrazas de muro vivo, reforestación cobertura permanente, uso restringido, cultivos de cobertera, surcado en contorno, zanjas de infiltración, restricciones para uso y restauración (en utilizar, presas de malla de alambre)
Acrisol, Arenosol, Cambisol, Fluvisol, Ferralsol, Luvisol, Plintisol, Vertisol	0-5	Nulo	Adición de compostas, abonos verdes, cultivos de cobertera y pequeñas obras de riego, manejo de praderas, construcción de jagueyes y barreras vivas
Acrisol, Cambisol, Fluvisol, Gleysol, Histosol, Solonchaks, Arenosol	0-5	Nulo	Drenaje parcelario, incorporación de residuos, manejo de praderas y barreras vivas

**Figura 1. Prácticas de conservación en diferentes municipios del Estado de Tabasco.**

Conclusiones

La degradación del suelo por efecto de la erosión hídrica es un problema que amenaza la estabilidad y funcionalidad de los ecosistemas naturales; por lo que debe ser cuantificado y controlado con métodos y medidas rigurosamente aplicadas. En Tabasco se detectaron alrededor del 36% de su territorio con riesgo de afectación por erosión hídrica, Asimismo se pudo constatar que los rangos de erosión calculados están realmente ocurriendo sobre todo en zonas fisiográficas de lomeríos sierra. Los valores de pérdida de suelo variaron entre 38 y 135 t ha⁻¹ año⁻¹ aproximadamente. En algunas zonas de Tabasco ya se están implementando prácticas de manejo conservacionistas por parte de la CONAGUA. Por último, se establecen recomendaciones de manejo de conservación de suelos para las diferentes clases de erosión estimadas en los suelos.

Literatura citada

- Anaya, G. M., M. R. Martínez M., A. Trueba C., B. Figueroa S. y O. Fernández M. 1991. Manual de Conservación de Suelos y Aguas. 3a. edición. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México, México. 570 p. + anexos
- Becerra, M. A. 1999. Escorrentía erosión y conservación de suelos. 1ª. Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo estado de México. 375 pp.
- CONAGUA-CP, 2010. Manejo del agua y preservación de suelos en el Distrito de Temporal 002 Zanapatonalá. Informe Técnico. Comisión Nacional del Agua. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. Cárdenas, Tabasco México. 54p + anexos.
- Figueroa, S. B., A. Amante O., H. G. Cortés T., J. Pimentel L., E. S. Osuna C., J. M. Rodríguez O.Y F. J. Morales F. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. México. 150 p.
- INEGI, 2005. Anuario estadístico, Tabasco. 22ª. Edición. Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 536 pp.
- Leyden, G. W. A. and L.R. Oldeman. 1997. The Assesment of the Status of Human-Induced Soil Degradation in South and Southeast Asia. International Soil Reference and Information Centre. UNEP, FAO, ISRIC, Wageningen 35 pp + 2 maps.
- Palma-López, D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J. A. Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195p + anexos.
- Palma-López, D. J., E. Moreno C., J. A. Rincón- Ramírez, E. D. Shirma T. 2008. Degradación y conservación de los suelos del estado de Tabasco. Colegio de Postgraduados, CONACYT, CCYTET. Villahermosa, Tabasco, México. 74p + anexos.
- SEMARNAT y Colegio de Postgraduados. 2002. Evaluación de la degradación de la tierra causada por el hombre en la república mexicana. Escala 1:250,000. Memoria Nacional. Montecillo, México. 68 p.
- Torres R., E. 1984. Manual de conservación de suelos agrícolas. 2ª. Edición. Editorial Diana. México, D.F. 170 p.
- Trueba, E. A., J. L. Oropeza M., C. A. Ortiz S., A. Martínez A. y G. Rúelas A. 2004. Identificación de zonas erosionadas mediante el tratamiento de imágenes digitales con una red neuronal. *Agrociencia* 38(6) 573-581.

MICRO-CARTOGRAFÍA DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA EN LA FORMACIÓN DE AGREGADOS CON INCORPORACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Suástegui Méndez Enrique¹, Gutiérrez Castorena Ma. del Carmen¹, Ortiz Solorio Carlos A¹, Gutiérrez Castorena Edgar V.² y Ochoa Estrada Salvador¹

¹Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. E-mail: suastegui.enrique@colpos.mx

²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, D.F. México

Resumen

Generalmente, los estudios en la cuantificación de hongos se realizan de manera inalterada, utilizando tinción, por lo que se desconoce cuál es la distribución de las esporas y de las hifas con diferentes superficies naturales (agregados, poros y granos minerales) bajo diferentes grados de mineralización de los residuos orgánicos. Por lo que el objetivo de este trabajo fue el monitoreo, a nivel de microescala, de la distribución y sus relaciones con superficies naturales en suelos con aplicación directa de residuos orgánicos. Se aplicaron residuos orgánicos municipales a diferentes tipos de suelo. Se colectaron muestras inalteradas las cuales fueron preparadas y montadas secciones delgadas (grueso de 30 μm , 7.5 \times 5 cm) a los intervalos de tiempo de 1, 60 y 100 días, a dos diferentes profundidades. El comportamiento de los microagregados y la distribución de esporas e hifas durante el proceso de descomposición de la materia orgánica presentó un incremento a los 60 días y un decremento durante la finalización el proceso a 100 días; por lo que la microagregación es producto de la acción de hifas y esporas que influyen en la estabilidad de los agregados, no así en los macroagregados donde se presentó un comportamiento inverso. La relación entre la distribución de esporas y las superficies naturales es diferente en las etapas de degradación de la materia orgánica Este método permite establecer la distribución espacial de esporas e hifas y su relación con microagregados (<250 μm) y macroagregados (> 250 μm) en diferentes superficies naturales (agregados, poros y granos minerales) bajo diferentes grados de mineralización de los residuos orgánicos.

Palabras Clave: *microcartografía, distribución espacial, estabilidad de agregados*

Abstract

Generally, studies on the quantification of fungi are made using unaltered and staining, so it is unknown what the distribution of spores and hyphae with different natural surfaces (aggregates, pores and mineral grains) under different degrees of mineralization of organic waste. As the aim of this work was the micro level monitoring of the distribution and its relationship to natural surfaces in soils with direct application of organic waste. Municipal organic wastes were applied to different soil types. Undisturbed samples were collected which were prepared and mounted thin sections (thickness of 30 microns, 7.5 \times 5 cm) at the following time intervals 1, 60 and 100 days at two different depths. The behavior of microaggregates and the distribution of spores and hyphae in the process of decomposition of organic matter increased at 60 days and ending the process decreased to 100 days so that microaggregation is a product of the action of hyphae and spores who flow in the aggregate stability, but not in macroaggregates where he presented an inverse behavior to that of microaggregates. The relationship between the distribution of spores and natural surfaces in different stages of degradation of organic matter This method allows to establish the spatial distribution of spores and hyphae and their relationship to microagregados (<250 microns) and macroaggregates (> 250 microns) in different natural surfaces (aggregates, pores and mineral grains) under different degrees of mineralization of organic waste.

Keywords: *mapping, spatial distribution, aggregate stability*

Introducción

Escalas de observación

La estructura espacial se puede utilizar para ayudar a identificar a los factores externos o intrínsecos para el desarrollo de la población y su actividad biológica (Ettema y Wardle, 2002). En la actualidad, los estudios de los suelos y de la participación biológica utilizan diferentes escalas de observación, bajo esta perspectiva, se puede plantear una pregunta: ¿Qué escala es útil para detectar las hifas fúngicas en el espacio de los poros y entre los agregados?

El estudio del suelo, por décadas, se enfocó en el entendimiento e interpretación de características y propiedades del suelo a gran escala. Esto provocó que las ciencias se desarrollaran más rápidamente que las relacionadas con el estudio de los procesos y factores de formación de suelo (De Kimpe y Morel, 2000).

Dentro de la ciencia del suelo se incluye la calidad, extensión y variabilidad espacial, desde escalas microscópicas hasta megascópicas. Esta ciencia se considera integrativa y extrapolativa, ya que proporciona las guías organizacionales para catalogar modos, mecanismos y magnitudes de la variabilidad espacial del suelo; así mismo aporta esquemas de escalación de la variabilidad espacial de los componentes del suelo (Wilding *et al.*, 1994).

La complejidad del suelo parece abrumadora. Cuanto más cerca nos fijamos, mayor es la diversidad biológica y la heterogeneidad física y química. Sin embargo, a pesar del «caos microscópico», el suelo es estable en sus propiedades macroscópicas a través de una gama de condiciones de funcionamiento.

Podría argumentarse que la comprensión de la estabilidad depende del origen y la escala en la que se comprende al suelo.

Enfoque reduccionista: estudia los procesos que ocurren en el suelo para su interpretación, por lo que las herramientas de este enfoque son las escalas de observación, donde se emplean métodos de otras ciencias diferentes a la ciencia del suelo (Yaalon y Arnold, 2000).

El estudio del suelo en cada escala de observación, o nivel de detalle, requiere de herramientas específicas para su realización, por ejemplo: cuando se lleva a cabo una investigación del suelo en un contexto global o de paisaje, se emplean los sensores remotos (fotografías aéreas o imágenes de satélite); en la descripción de un perfil del suelo en campo, la percepción visual, además de los diferentes sentidos del cuerpo humano que sirve para este fin. En cambio, cuando se requiere la identificación de los minerales que existen en el suelo, se recurre a la micromorfología (microscopía), la espectroscopia (estudio submicroscópico) ofrece resultados más detallados (Wilding, 2000).

La distribución espacial y temporal de los hongos en el suelo tiene un gran impacto en la agregación y estabilidad del suelo. Hay pruebas abundantes de que la materia orgánica en los poros más pequeños es más protegidos de la degradación que en los poros más grandes (Six *et al.*, 2006). La investigación en esta área se ha centrado la mayor parte a las bacterias con sólo pocas referencias a los hongos. Los hongos y bacterias sin embargo diferencialmente influyen en la formación y estabilización de los componentes de la materia orgánica en los suelos agrícolas en parte debido a sus interacciones con diferentes propiedades físicas del suelo.

Las interacciones entre los organismos y su sustrato depende de la estructura del suelo y en la capacidad de los organismos de explorar el volumen de los poros. A pesar de esto, el conocimiento sobre la organización espacial de los hongos en el suelo y su papel en la agregación del suelo es limitado.

Por lo que los objetivos de esta investigación fueron, monitorear la distribución de las esporas *in situ* y sus relaciones con superficies naturales y determinar la dispersión de esporas e hifas a través de la microcartografía por medio de secciones delgadas.

Materiales y Métodos

El área de estudio se localiza en los terrenos del Colegio de Postgraduados ubicados en la zona oriente del ex lago de Texcoco, dentro del valle de México, en el kilómetro 36.5 de la carretera federal México-Texcoco, colindando al Norte con los terrenos ejidales de san Bernardino, al Sur y al Este con terrenos

ejidales de Montecillo y al Oeste con la Zona Federal, entre las coordenadas 19° 29' y 19° 37' de latitud Norte y entre 98° 54' y 99° 03' de longitud Oeste con una altura media de 2250 m (Figura 2)

Entre las áreas planas a los lomeríos, como en la zona de estudio, se tiene un clima Cb(wo)(w)(i')g, templado subhúmedo; con una precipitación media anual de 700 mm, con régimen de lluvias en verano, temperatura media anual, con menos de 5% de precipitación invernal respecto al total anual y con una oscilación térmica entre 5 y 7°C

Recolección de Muestras de Suelo

Muestras alteradas. Se tomaron aproximadamente 2 Kg de muestra de suelo de cada capa, además de muestras compuestas para determinar las propiedades físicas y químicas de cada uno de los horizontes del perfil por cada sitio. Cada muestra se guardó en bolsas de polietileno, bien identificada. También se determinaron características mineralógicas, el grado de desarrollo de la estructura del suelo, así como su capacidad de almacenamiento de agua. **Muestras inalteradas.** Se procedió a obtener muestras inalteradas del material incubado a los siguientes intervalos de tiempo 0, 1, 60 y 100 días. La toma de estas muestras se realizó utilizando tubos de aluminio de 7.6 cm de diámetro y 7 cm de ancho, a los cuales se les modificó su forma para que se parecieran a las cajas tipo Kubiena.

Monitoreo del proceso

Con la finalidad de apreciar directamente los cambios ocurridos dentro del suelo durante el proceso. Se elaboraron 123 láminas de las muestras inalteradas, distribuidas de la siguiente forma: suelo sin material: 3 laminas, una por sitio, a 10 cm de profundidad; al 1^{er} día de incubación: 24 laminas, 8 por sitio, a 5 y 10 cm de profundidad; a 60 días de incubación: 48 laminas, 16 por sitio, a 5, 10, 15 y 30 cm de profundidad; a 100 días de incubación: 48 laminas, 16 por sitio, a 5, 10, 15, 30 cm de profundidad.

Para el monitoreo de la actividad biológica, cada sección delgada se dividió en áreas homogéneas en la escala macro

Estas áreas fueron asignadas a la sección delgada para cuantificar, monitorear y localización espacial de las esporas (Figura 3).

Resultados y Discusión

Las condiciones iniciales de los suelos a las profundidades donde se establecieron los sitios experimentales se reportan en el Cuadro 1; en cual se establece que el sitio 1 presenta los mayores valores de pH, CE y P; y los menores de materia orgánica y N. Mientras que en el sitio 2 se presentan los mayores % de limo y de arcilla, y los menores de pH, CE, Dap, K y % arenas. En el sitio 3 se tienen los mayores valores de Dap, materia orgánica, N, K y % arena; y los menores valores de P, % limos y % de arcillas.

La formación de macro y microagregados en los sitios experimentales durante el proceso de descomposición e incubación de la materia orgánica, presentó un comportamiento lineal de acuerdo al tiempo (Figura 3).

El comportamiento general de microagregación durante el proceso de descomposición y mineralización de la materia orgánica presentó un incremento a los 60 días y decremento al finalizar el proceso a 100 días

Población de esporas en los suelos de los sitios experimentales

Se estimó la población de esporas presentes durante el proceso de descomposición de residuos orgánicos municipales, se encontró un mayor número de esporas a los 60 días de incubación, mostrando el sitio 1 la mayor población, seguido del sitio 2 y finalmente el sitio 3. El crecimiento de la población fúngica para los sitios experimentales, está influenciada por los agentes externos tales como: composición de la materia orgánica, aireación, humedad, porosidad y temperatura. Su distribución está determinada generalmente, cuando se incorpora al suelo materiales ricos en carbono (Cuenca et al., 1998). Los hongos son los microorganismos degradadores de materia orgánica más versátiles y persistentes que cualquier grupo; celulosas, almidones, gomas y ligninas, así como los compuestos fácilmente metabolizables, son sometidos al ataque de estos.

Sin embargo, el número de esporas es aún discutido como indicador del comportamiento del hongo, ya que su esporulación puede ser gobernada por un sinnúmero de factores bióticos y abióticos, en este estudio, se observó una diferencia global de las poblaciones fúngicas presentes por el tipo de asociación. La presencia de un mayor número de esporas a los 60 días, puede haberse producido como una respuesta del hongo ante condiciones de estrés.

El número de esporas a los 100 días es bastante bajo en los tres sitios de muestreo, manifestando un máximo a los 60 días. En cuanto a la asociación, presentó una densidad de esporas mayor en la periferia de los agregados, alcanzando su valor mínimo con asociación de poros grandes y residuos orgánicos. Sin embargo, a pesar de la incorporación de los residuos vegetales, se encontraron algunas en los primeros días de incubación.

Cuadro 1. Caracterización física y química de los sitios de muestreo.

Sitio	Ubicación	Profundidad	pH	CE	Dap	M.O.	N	K	P	A	L	R	Textura
		(cm)		(dSm ¹)	(g/cm ³)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)		%		
1	19°28'03"	0-20	8.45	2.5	1.30	4.39	0.14	230.4	0.561	21.5	36.3	42.3	Arcilla
	98°54'27"	20-40	9.35	10.1	1.41	2.37	0.05	201.2	0.243	17.6	44.1	38.2	FrancoArc.Lim.
2	19°27'55"	0-20	7.95	1.1	1.19	4.56	0.19	60.5	0.133	11.6	43.0	45.5	Arcilla Limosa
	98°54'03"	20-40	8.15	2.6	1.20	4.01	0.16	43.5	0.100	11.1	44.4	44.4	Arcilla Limosa
3	19°27'40"	0-20	7.95	3.7	1.35	5.12	0.15	310.1	0.110	60.6	19.7	19.7	FrancoArenoso
	98°54'16"	20-40	8.57	6.4	1.41	2.74	0.06	208.7	0.045	64.7	18.8	16.5	FrancoArenoso

*Dap= Densidad aparente, M.O.=Materia orgánica



Figura 2. Área de estudio y sitios experimentales

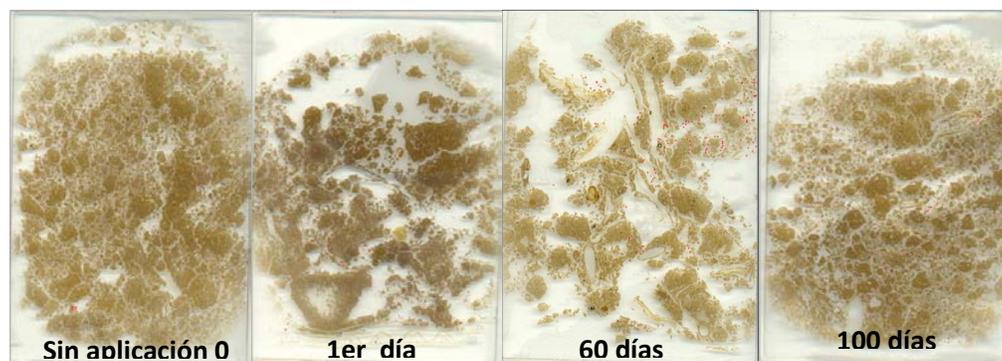


Figura 3. Secuencia de agregación

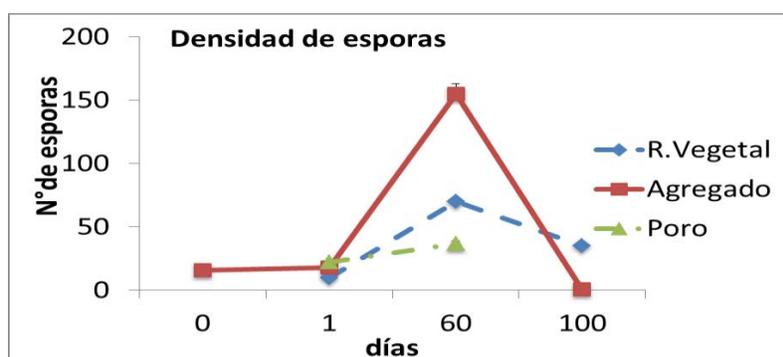


Figura 5. Número de individuos y su asociación con superficies naturales

Conclusiones

La distribución y el número de individuos dependen de las características de las superficies activas y de cómo interactúan con el tipo de sustrato y la superficie del suelo.

La microcartografía ayuda a cuantificar, vigilar y comprender la distribución espacio-temporal de los hongos. Así como el predecir una gran variedad de procesos y mecanismos que son decisivos en la agregación del suelo.

Literatura Citada

- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A., Stoops, G. and T. Tursina. 1985. Handbook for soil thin section description. Wayne Research Publications, England.
- Cuenca G. De Andrade and Z. Escalante G. 1998. Diversity of Glomalean spores from natural disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. *Soil Biology & Biochemistry*. (30):711-719.
- De Kimpe, Ch. R. and J.L. Morel 2000. Urban soil management: a growing concern. (165):31-40
- Ettema, C. H., and D. A. Wardle. 2002. Spatial soil ecology. *Trends Ecol. Evol.* 17, 177-183
- Helgason, T., Merryweather, J.W., Denison, J., Wilson, P., Young, J.P.W. and A.H. Fitter. 2002. Selectivity and functional diversity in arbuscular mycorrhizas of co-occurring fungi and plants from a temperate deciduous woodland. *Journal of Ecology* 90:371-384.
- Murphy, C.P. 1986. Thin section preparation of soils and sediments. A.B. Academic Publishers, Berkshamsted, England, 149 p.
- Six, J., Frey, S. D., Thiet, R. K. and K. M. Batten. 2006. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 555-569.
- Wilding, L.P. 2000. Pedology. In Summer, m. 2000. Handbook of soil Science. CRC PRESS. New York. USA p. E1-E40
- Yaloon, D.H and R.W. Arnold. 2000. Attitudes toward soils and their societal relevance: The and now. *Soil Science*. (165): 5-12.

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN SUELOS DE HUMEDAL DE VERACRUZ Y TABASCO CON DIFERENTE VEGETACIÓN

Reyes Ortigoza Amada Laura¹, Lara Sedeño Magaly Irais¹

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Laboratorio de Edafología¹. E-mail: amadalaura@ciencias.unam.mx

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad enzimática en suelos de humedal de Tabasco y Veracruz y asociarla con tipos de vegetación y conservación del lugar. Se trabajó en dos suelos de humedal uno en Tabasco (Pantanos de Centla) y otro en Casitas Veracruz. En cada sitio se colectaron 5 muestras superficiales de 0 a 20 cm, a las que se les determinó por triplicado actividad enzimática (glucosidasa, deshidrogenasa, catalasa, proteasa, fosfatasa ácida y alcalina), respiración basal, carbono microbiano, pH en agua y KCl, porcentaje de carbono y nitrógeno, bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico total y fósforo. Se encontraron valores de pH ácidos (4 a 5) en ambos sitios, sin embargo en el humedal de Tabasco hubo más nutrientes (carbono, fósforo y nitrógeno, magnesio, sodio y potasio) y mayor actividad enzimática (fosfatasa, deshidrogenasa y proteasa). Esto se atribuyó principalmente al tipo de vegetación e implica que en la zona de Tabasco la presencia de Tule (*Typha latifolia*) incrementó las cantidades de nutrientes y la actividad microbiana. Para la catalasa y respiración se observaron valores muy parecidos en ambos sitios. En el humedal con pastizal en Veracruz, la glucosidasa fue la única enzima que tuvo mayores valores. Por esto se concluye que en el humedal con vegetación de pastizal hubo una mayor transformación de carbono, menor conservación de la materia orgánica y a futuro un menor tiempo de sustentabilidad que en el humedal de Tabasco con vegetación de tule.

Palabras clave: Humedal, actividad enzimática, conservación

Abstract

We worked with wetlands of Tabasco and Veracruz, Mexico in order to study the enzymatic activity and their relationship with vegetation type and conservation. In only site was collected five samples of 0 to 20 cm and was evaluated three folds enzymatic activity (glucosidase, dehydrogenase, catalase, protease, alkaline phosphatase and acid phosphatase), basal respiration, microbial carbon, pH in KCl and water, carbon and nitrogen percentages, exchange ions, exchange total and phosphorus. The results show acid values pH (4 to 5) in both sites, but in the wetland of Tabasco had more nutrients (carbon, phosphorus, nitrogen, magnesium, sodium and potassium) and enzymatic activity (phosphatase, dehydrogenase and protease). This was attributed to vegetation type and implicated that the Tabasco zone with presence of Tule (*Thypha latifolia*) increased the quantity of nutrients and their microbial activity. For catalase and respiration was observed similar values in both sites. In the wetland with pasture in Veracruz, the glucosidase was the only enzyme with bigger values. For this was concluded that in the wetland with pasture there was bigger transformation of carbon, lesser conservation of organic matter and in a future lesser time of sustainability than in wetland of Tabasco with tule.

Key Words: Wetland, enzymatic activity, conservation

Introducción

Los humedales cubren el 6% de la superficie terrestre (8.6 millones de Km²) y son uno de los ecosistemas más productivos del mundo, mantienen 40% de las especies de peces y de otras muchas especies, incluyendo las aves acuáticas. Los humedales son de los ecosistemas más amenazados, debido a su transformación, desarrollo y contaminación. Para conocer, conservar y utilizar los suelos de forma sustentable es necesario conocer la actividad enzimática, ya que se asocia a la dinámica microbiana, de la que depende la productividad del ecosistema. Los parámetros bioquímicos indicativos más utilizados en evaluaciones de actividad metabólica del suelo son la respiración, las actividades enzimáticas y la biomasa

microbiana. La respiración del suelo permite conocer el efecto de variables sobre la oxidación o degradación de la materia orgánica por la biomasa microbiana. La actividad de las enzimas indica el funcionamiento biológico del ecosistema, determina la pauta de transformaciones químicas e indica la capacidad potencial del suelo para llevar a cabo reacciones específicas. Su función se altera en presencia de contaminantes, cambios medioambientales, por el tipo de manejo, el crecimiento vegetal o incendios forestales (García et al., 2003). El objetivo del presente estudio fue evaluar la actividad enzimática en suelos de humedal de Tabasco y Veracruz para asociarla con diferentes tipos de vegetación y el estado de conservación del lugar.

Materiales y Métodos

Se trabajo en dos suelos de humedal uno en Tabasco (Pantanos de Centla) y otro en Casitas Veracruz. Los sitios de estudio se encuentran ubicados al sur de México, con coordenadas: latitud 18° 25' 12" N longitud 93° 19' 48" Oeste para Tabasco y para Veracruz latitud 20° 20' 4.20" N longitud 96° 53' 56.6" Oeste. En cada sitio se colectaron 5 muestras superficiales de 0 a 20 cm, se conservaron en húmedo a temperatura de 4°C hasta iniciar los análisis de actividad enzimática. Se tamizaron en húmedo con una malla de 2 mm. A las muestras se les determinó por triplicado actividad enzimática (glucosidasa, deshidrogenasa, catalasa, proteasa, fosfatasa ácida y alcalina), respiración basal y carbono de la biomasa microbiana).

La respiración basal se estimó por el CO₂ desprendido durante la incubación del suelo en un sistema cerrado, el CO₂ se atrapa en NaOH y se valora con HCl. El C de la biomasa microbiana fue evaluado en muestras de suelo fumigadas con cloroformo, valorando el CO₂ desprendido después de la fumigación.

Los métodos utilizados para glucosidasa y fosfomonoesterasa ácida y alcalina, consistieron en incubar el suelo con el sustrato p-nitrofenol. Para la proteasa se utilizó caseína y la coloración de amonio fue con reactivo alcalino y Folin Ciocalteu's fenol 2N Sigma, se utilizo un espectrofotómetro Coleman Modelo 35, para leer la absorbancia de las muestras problema a 420 y 700 nm respectivamente. Finalmente la catalasa se evaluó por descomposición de agua oxigenada y valoración con permanganato y la deshidrogenasa por reducción de 2,3,5 Trifenil 2H tetrazolium a trifenilformazan. (García et al 2003).

Con muestras secas tamizadas con malla de 2 mm se determinaron para cada sitio: pH en agua y KCl relación 1:2:5, porcentaje de Carbono por el método de Walkley & Black, N por el método de Kjeldahl, bases intercambiables (Na⁺K⁺ por espectroscopía de emisión de llama y Ca⁺², Mg⁺² por titulación con EDTA 0.02 M), capacidad de intercambio catiónico total por saturación con CaCl₂ 1 M pH 7 y titulación con EDTA 0.02 M y fosforo por el método de Bray I (ISRIC, 1992). Con el Programa SPSS se hicieron análisis estadísticos ANOVA y la prueba de Tuckey con un nivel de P<0.05.

Resultados y Discusión

En la tabla 1, se observa que aunque los valores de pH son muy parecidos en ambos sitios, el humedal de Tabasco mostro mayores cantidades de nutrimentos tales como carbono, fósforo y nitrógeno además de bases intercambiables como magnesio, sodio y potasio. Esto se atribuyó principalmente al tipo de vegetación e implica que en la zona de Tabasco la presencia de Tule (*Typha latifolia*) incrementó las cantidades de nutrimentos. Además en las Graficas desde la No. 1 hasta la No. 4 se observa que en ambas fosfatasas (ácida y alcalina), en la deshidrogenasa, en la proteasa y en el carbono de la biomasa microbiana hubo mayores valores en el humedal de Tabasco. Mientras que en catalasa y respiración se observan valores muy parecidos en ambos sitios.

En el humedal de Veracruz, la actividad de glucosidasa fue la única enzima que tuvo mayores valores, esto se atribuye a la mayor transformación de carbono en zonas de pastizal lo que implica una menor conservación de la materia orgánica, ya que una mayor actividad de glucosidasa asociada a menores contenidos de carbono y altos índices de respiración, prácticamente iguales a los de Tabasco que tiene mayores contenidos de carbono (Tabla 1, Gráfica 2) implica una degradación del suelo. Lo cuál ha sido reportado en suelos con pastizales, puesto que en su mayoría son aprovechados para ganadería, por tanto en estos suelos existe una degradación con pérdida de carbono en forma de CO₂ en la atmosfera, debida a la actividad del ganado y a las prácticas agrícolas que aumentan el volumen de oxigeno e incrementan la temperatura promedio y la descomposición de materia orgánica. Asimismo menores contenidos de

carbono en el suelo dan poca capacidad al suelo de proporcionar nutrientes para la sustentabilidad y conducen a bajos rendimientos. Por consiguiente también existen menos nutrientes que puedan aprovechar los microorganismos y promueven una menor biodiversidad microbiana. (SASC, 2009)

Por tanto existe una relación directa entre los contenidos de nutrientes y la actividad enzimática que implica mayor actividad microbiana. En el humedal de Tabasco la fosfatasa y proteasa (Gráficas 1, 2, y 3), estuvieron relacionadas con altos contenidos de fósforo y nitrógeno respectivamente (Tabla 1). Así también el C de la biomasa microbiana y la actividad de deshidrogenasa implicaron una mayor actividad microbiana (Gráficas 1 y 4). Por tanto existe una disponibilidad de nutrientes alta que podría asociarse a una mayor productividad, conservación y sustentabilidad del humedal.

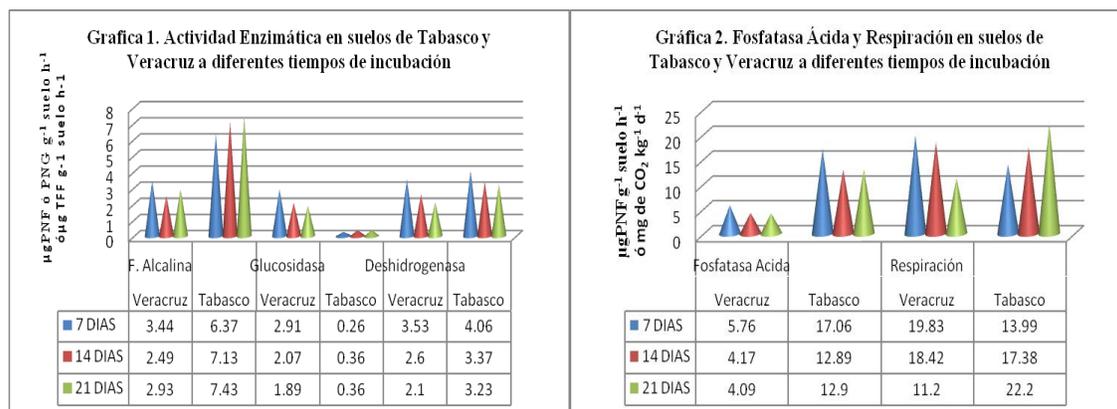
Los valores de actividad enzimática en diferentes tiempos de incubación fueron muy similares desde 7 días hasta 21 días. La única diferencia observada en cuanto tiempo de incubación fue la de de carbono de la biomasa microbiana, más acentuada en Tabasco, lo que implicó un aumento de microorganismos y de su actividad como consecuencia de las condiciones de riqueza de nutrientes.

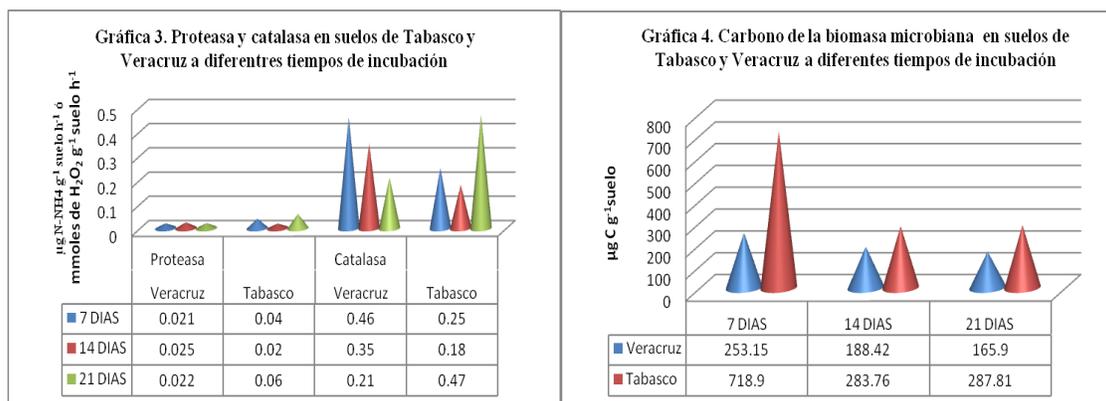
Tabla 1. Análisis químicos de humedales de Veracruz (Pastizal) y Tabasco (Tule)

Determinación	Veracruz	Tabasco
pH 1:2.5 en H ₂ O	5.03	5.44
pH 1:2.5 en KCl	4.56	4.58
mg Kg ⁻¹ C	14.80	26.65
mg Kg ⁻¹ N	1.32	1.95
mg Kg ⁻¹ P	5.06	20.68
Cmol Kg ⁻¹ Ca ⁺²	42.59	37.33
Cmol Kg ⁻¹ Mg ⁺²	4.30	19.43
Cmol Kg ⁻¹ Na ⁺	3.21	21.09
Cmol Kg ⁻¹ K ⁺	0.81	8.54
Cmol Kg ⁻¹ CICT	80.59	95.27

Conclusiones

El humedal con pastizal tuvo menor contenido de nutrientes (C, N, P, Mg, Na y K) y actividad enzimática (fosfatasa, proteasa, catalasa, deshidrogenasa). La glucosidasa, fue la única excepción con mayor actividad, esto implicó degradación de la materia orgánica y menor conservación del suelo. Por tanto a futuro el humedal de Tabasco con tule tendrá un mayor tiempo de sustentabilidad debido a su riqueza de nutrientes y contenidos de carbono.





Literatura Citada

- García, I., S. F. Gil, F. T. Hernández y C. C. Trasar. 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: Medidas de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. Mundi Prensa, Madrid, España.
- ISRIC 2002. Procedures for analysis. ISRIC.FAO.21-1.
- SASC 2009. Pérdida de materia orgánica. Ficha informativa número 3. Agricultura sostenible y conservación de los suelos procesos de degradación sustentable. Comunidades Europeas.

ACTIVIDAD RESPIRATORIA Y BIOMASA MICROBIANA EN UN FEOZEM ENMENDADO CON VERMICOMPOSTA

Serrano, Garcia Nancy Judith¹, Vaca Rocio², Lugo Jorge², Del Águila Pedro².

¹Estudiante de posgrado de la Universidad Autónoma del Baja California.

E-mail:nancysg77@hotmail.com ²Profesor-Investigador de la Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de México.

Resumen

La aplicación de desechos sólidos municipales y orgánicos es una alternativa de manejo de este tipo de residuos, para su aplicación a suelos agrícolas. Con la vermicomposta los desechos se reciclan y los elementos quedan en mejor disposición para los microorganismos del suelo. En este trabajo se evaluaron la biomasa microbiana, respiración microbiana y nitrógeno inorgánico a los 15, 30 y 45 días de incubación, adicionando 0, 18 y 36 t/ha de vermicomposta. Se encontró que la biomasa y la respiración fue mayor a los 15 días de incubación en el tratamiento de 18 t/ha, respecto a los 0 y 36 t/ha. La biomasa bajó a los 30 y 45 días en todos los tratamientos; la respiración se mantuvo constante en los tres tratamientos a los 30 días; mientras que, a los 45 días el de 36 t/ha presentó mayor respiración respecto a 0 y 18 t/ha. El nitrógeno inorgánico total fue alto en los tres tiempos y los tres tratamientos.

Palabras clave: Suelo, Vermicomposta, Respiración Microbiana, Biomasa, Nitrógeno.

Abstrac

The application of organic municipal solid waste management is an alternative to this type of waste for application to agricultural soils. With vermicomposting waste is recycled and the elements are best placed to soil microorganisms. In this work the microbial biomass, microbial respiration and inorganic nitrogen at 15, 30 and 45 days of incubation by adding 0, 18 and 36 t / ha of vermicompost. It was found that biomass and respiration was greater at 15 days of incubation in the treatment of 18 t / ha, compared to 0 and 36 t / ha. The biomass decreased at 30 and 45 days in all treatments, respiration remained constant for the three treatments at 30 days, while at 45 days of 36 t / ha had a higher respiration compared to 0 and 18 t / h. Total inorganic nitrogen was high in the three times and three treatments.

Key words: Soil, vermicompost, microbial respiration, microbial biomass, nitrogen.

Introducción

El crecimiento urbano ocasiona un incremento en la producción de residuos sólidos, entre los que se encuentran los lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales. Dichos materiales constituyen una fuente de materia orgánica alterna a otros insumos orgánicos utilizados tradicionalmente como abonos. Los residuos orgánicos, comprenden productos finales de alimento para animales, abonos y fertilizantes. Una opción de manejo de estos residuos es a través del proceso de composteo, ya que así son estabilizados y pueden ser aplicados al suelo como fuente de materia orgánica (MO) relativamente seca y sin olor, la cual podría responder más segura y eficientemente a los requerimientos de fertilidad orgánica del suelo que la incorporación de materiales frescos (Atiyeh *et al.*, 2000). Así, para acelerar el proceso de recuperación del suelo, muchos productores utilizan además de las fuentes frescas de MO, la elaboración y aplicación de abonos orgánicos como la composta y la lombricomposta o vermicomposta (Soto y Muñoz, 2002). La aplicación de estos abonos orgánicos como mejoradores de suelos es importante, pero hay que tener cuidado en mantener la calidad del suelo, a través de indicadores de calidad basados en las propiedades bioquímicas, ya que éstas servirán para comparar el estado de un suelo presuntamente degradado (Trasar-Cepeda *et al.*, 2003.) El vermicomposteo es una tecnología fácil de aplicar y no causa impacto en la economía ni daña a los ecosistemas como lo hace la aplicación de fertilizantes; permite la descomposición por bioxidación y estabilización de los desechos orgánicos, promueve la actividad microbiana, reduce los compuestos contaminantes, incluyendo los residuos animales y lodos residuales. (Sharma, 2005). En el presente trabajo se pretende evaluar el efecto de la adición de vermicomposta de

lodo residual (0, 18 y 36 t/ha) en las propiedades bioquímicas de suelo agrícola (Feozem háplico) en el Valle de Toluca bajo condiciones controladas de laboratorio en tres tiempos después de adicionada la vermicomposta (15, 30 y 45 días).

Materiales y Métodos

La zona de estudio se encuentra ubicada a los 19°23'- 19°26' latitud norte y 99°30'- 99°34'- longitud oeste a una altitud de 2595 m, dentro del Valle de Toluca, Municipio de Xonacatlán, Estado de México (INEGI, 1997), presenta un clima templado subhúmedo con lluvias de verano C (w₂)(w), con un suelo de tipo Feozem háplico (INEGI, 1996).

Diseño experimental: el presente trabajo se realizó bajo condiciones controladas de laboratorio, adicionando al suelo (Feozem haplico) vermicomposta en tres dosis diferentes 0 (control), 18 y 36 t/ha. Las muestras de suelo y suelo-vermicomposta se incubaron en tres diferentes tiempos 15, 30 y 45 días. Todo se trabajó por triplicado.

Muestreo: el muestreo de suelo (Feozem háplico) se realizó de manera aleatoria, formando una muestra compuesta del horizonte Ap. El residuo orgánico (vaca) se obtuvo de la posta de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia, UAEMex, tomando una muestra fresca de 10 kg en peso húmedo. El biosólido se obtuvo de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales, Toluca Oriente (ECOSYS), directamente del filtro prensa. La vermicomposta se realizó con 3 kg de residuo orgánico (vaca), más un 1 kg de suelo (cambisol, horizonte Ap) y 648 g de biosólido (equivalente a 36 t/ha), en tinas de plástico de 25 x 30 cm. Se mezclaron los materiales y se le adicionó agua. Se hizo un precomposteo que consistió en un reposo por 15 días, moviéndolo para permitir la entrada de oxígeno y manteniendo la humedad al 80%. Después del precomposteo, se adicionaron 15 lombrices de la especie *Eisenia fetida* en cada recipiente y se dejó la vermicomposta por un periodo de 65 días, controlando la humedad y temperatura para el desarrollo óptimo de la lombriz. Se adicionó residuo animal (en húmedo), dependiendo de los requerimientos de la lombriz (Kaviraj y Sharma, 2003).

Análisis de laboratorio: las muestras tanto de suelo, vermicomposta y biosólido se secaron a temperatura ambiente, molieron y homogenizaron a 2 mm para los siguientes análisis: A la vermicomposta y el biosólido: se les determinó pH en agua y KCl relación 1:2.5, conductividad eléctrica, materia orgánica por el método de cenizas, fósforo por el método de Olsen, 1986. Al suelo se le determinó pH en agua y KCl relación 1:2.5, conductividad eléctrica, materia orgánica del suelo por el método de Walkley y Black (1947), nitrógeno total, nitrógeno inorgánico por el método de Kjeldhal, fósforo por el método de Olsen, 1986. Lo anterior se determinó bajo la NOM-021-SEMARNAT-2001. Al suelo y suelo-vermicomposta (15, 30 y 45 días): se determinó la biomasa microbiana por el método de Fumigación- Extracción de Vance *et al.*, (1987); CO₂ desprendido por respiración por el método de Nannipieri (1995); nitrógeno inorgánico total y amoniacal.

Análisis estadístico: A los resultados obtenidos se les aplicó una MANOVA y prueba de Tukey para ver diferencias entre los tratamientos con un 95% de confianza (Statistical Graphics Corporation, 2000).

Resultados y Discusión

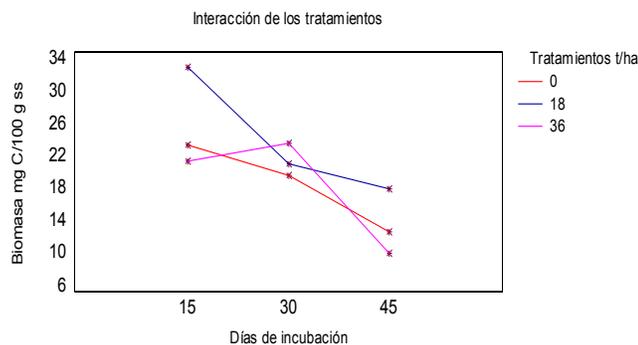
En el cuadro 1 se presentan algunas características químicas de la vermicomposta (VC), biosólido (B) y suelo (S). La VC presentó un pH en agua fuertemente alcalino, muy alto contenido en materia orgánica y presencia de salinidad. Esto último puede deberse a los exudados de la lombrices así como por el aporte de sales del mismo abono orgánico y del lodo residual. En cuanto al contenido de fósforo, fue muy alto debido a que el vermicompostaje favorece la disponibilidad de este elemento, por lo que dicho abono es una alternativa ecológica y económicamente viable para mejorar las condiciones de los suelos muy laboreados, con un sistema de monocultivo y que además han sido fertilizados por químicos durante muchos años (Kaviraj y Sharma, 2003). El B, presentó un pH moderadamente ácido, un contenido de materia orgánica muy alto, con salinidad y alto contenido en fósforo. En cuanto a S presentó un pH moderadamente ácido, un contenido de materia orgánica medio, ligera salinidad y alto contenido en fósforo.

Cuadro 1. Parámetros químicos de la vermicomposta, biosólido y suelo

Parámetro	Vermicomposta	Biosólido	Feozem haplico
pH en agua	8.49 ± 0.03	6.54 ± 0.20	5.55 ± 0.17
pH en KCl	7.82 ± 0.01	6.48 ± 0.25	4.38 ± 0.00
MO (%)	40.72 ± 0.35	65.29 ± 0.14	3.21 ± 0.18
CE (dS cm ⁻¹)	4.77 ± 0.16	7.23 ± 1.29	1.86 ± 0.10
P (mg/kg)	1145 ± 69.27	4101.14 ± 157.46	37.55 ± 5.09

Media ± desviación estándar

En la Figura 1 se puede observar la interacción entre los días de incubación y la dosis de vermicomposta adicionada al suelo, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y entre los días de incubación, encontrando que la dosis de 18 t/ha presentó a los 15d más biomasa microbiana con respecto al tratamiento control (0 t/ha) y 36 t/ha. A los 30d la dosis de 36 t/ha es más alta respecto a las demás y a los 45d todas decaen, pero la que presentó menos biomasa fue la de 36 t/ha. Kaviraj y Sharma (2003), mencionan que la biomasa microbiana tiene un efecto fuerte sobre los microorganismos en el vermicompostaje. Además que la mucosidad que genera la lombriz (*E. fetida*) hace más fácilmente asimilables los nutrientes para los microorganismos, y esto sugiere una especie de mutualismo entre la lombriz y los microorganismos. Por otra lado Gil-Sotres *et al.* (2002), un estudio con estiércol vacuno e incubación, mencionan que el proceso de mineralización y humificación de la materia orgánica se da más rápido, estas reacciones ocurren muy rápidamente, no sólo debido a las condiciones favorables de la incubación sino también a que el purín proporciona simultáneamente los sustratos orgánicos, los agentes para transformarlos y los nutrientes necesarios para el crecimiento microbiano.

**Figura 1. Interacción entre los días de incubación y la dosis de vermicomposta adicionada de la biomasa microbiana.**

La figura 2 muestra los resultados del nitrógeno inorgánico total, amoniacal, nitratos y nitritos, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos y entre los días de incubación, se encontró que el nitrógeno inorgánico total, fue alto respecto al amonio y nitratos, para los tres tratamientos y los tres tiempos. El amonio fue mayor a los 30d; y los nitratos y nitritos a los 15d, para todos los tratamientos; a los 45d aumentaron los nitratos y nitritos en 36 t/ha con respecto al control y 18 t/ha. El potencial de mineralización de N, es la cantidad máxima de N disponible que podrá ser liberada de un abono, después de su degradación por los microorganismos del suelo. El potencial de mineralización de N, se establece a partir de la mineralización acumulada de N, la cual se define como la cantidad de N disponible, liberada después de un período de tiempo específico (Cerrato *et al.*, 2007). La tasa de mineralización de N es la cantidad de N que se libera por una unidad de tiempo específica. La tasa de mineralización es igual a la velocidad o grado de mineralización, y se interpreta como el porcentaje de N que se mineraliza y que permite conocer cuánto está siendo liberado en forma disponible en períodos específicos de tiempo (Porta *et al.*, 1999).

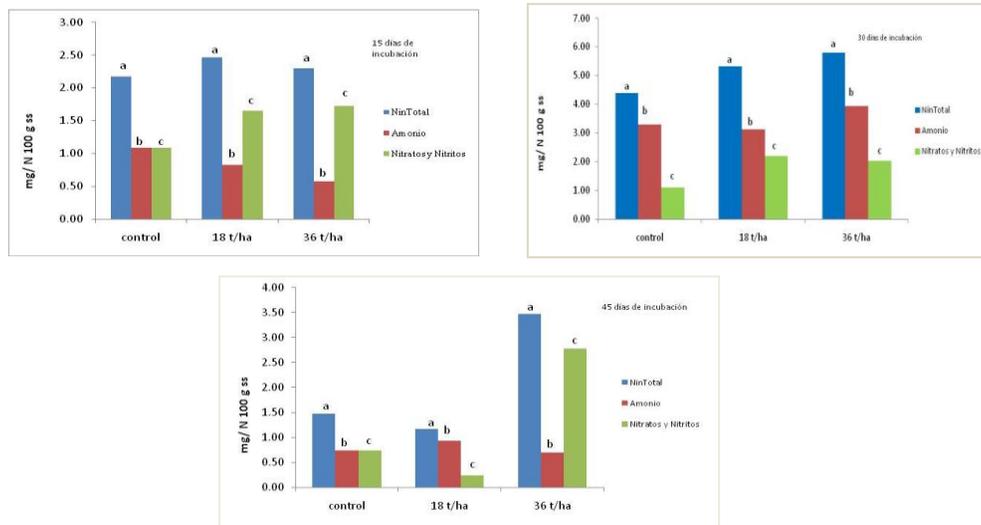


Figura 2. Nitrogeno inorganico total y amoniaco para los tres tratamientos y en los tres tiempos.

La Figura 3 muestra los resultados de la respiración de los tres tratamientos (0, 18 y 36 t/ha) a los 15 días de incubación, se puede observar que el tratamiento de 18 t/ha presentó mayor respiración respecto al de 36 t/ha y el control, siendo este el más bajo, presentado el mismo comportamiento para los 30 días de incubación, caso contrario a los 45 días de incubación el de 36 t/ha fue mayor respiración con respecto al de 18 y 0 t/ha. La respiración microbiana se ha utilizado para determinar la actividad biológica del suelo, sobre todo para conocer los procesos de mineralización en horizontes superficiales (Peña, 2004). García-Gil *et al.* (2000), realizaron un estudio en el que emplearon desechos sólidos municipales composteados 20 y 80 ton ha⁻¹; encontraron que la biomasa microbiana y la actividad enzimática aumentó a lo largo del tiempo por la adición de las enmiendas orgánicas en los tratamientos de 80 y lo atribuyen a que la adición de materiales orgánicos incremento el metabolismo microbiano del suelo.

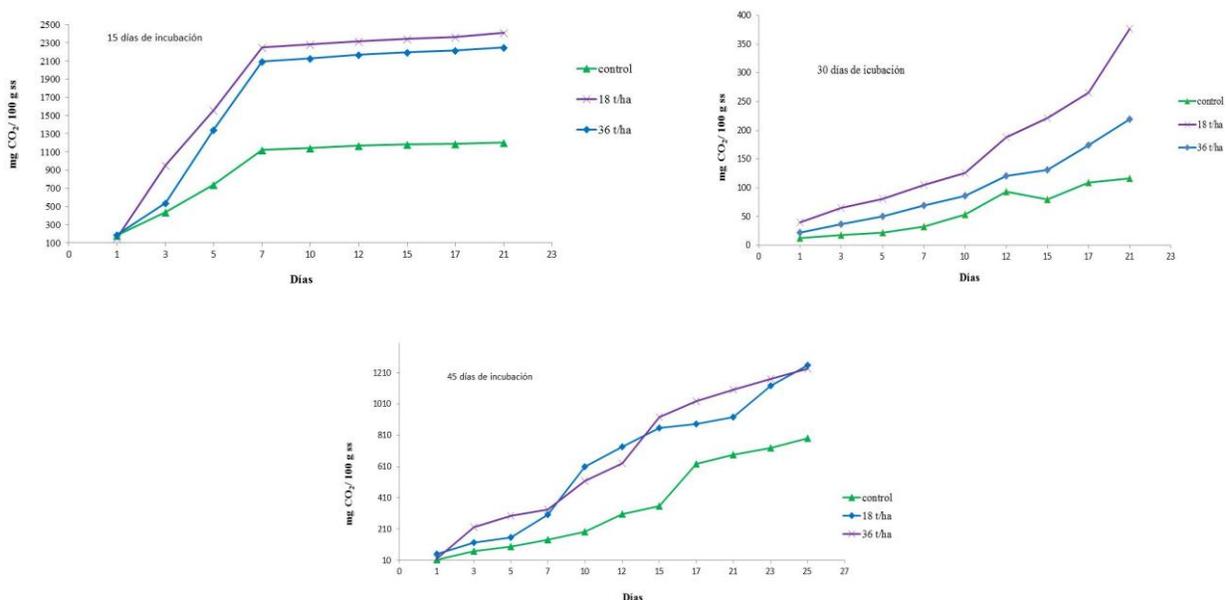


Figura 3. Respiración a los 15, 30 y 45 días de incubación de las tres dosis de vermicomposta.

Conclusiones

La biomasa microbiana aumentó a los 15 días de incubación en el tratamiento de 18 t/ha, y disminuyó con el tiempo de incubación para todos los tratamientos. En cuanto a la respiración microbiana fue mayor en el tratamiento de 18 t/ha a los 15 y 30 días, y a los 45 días el tratamiento de 36 t/ha la respiración fue mayor, comparado con los 0 y 18 t/ha. El nitrógeno inorgánico fue mayor en los tres tratamientos y en los tres tiempos.

Literatura Citada

- Atiyeh, R. M. Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., and Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*. 44: 579-590.
- Clemente, R. Escolar, A. Bernal M.P. 2006. Heavy metals fractionation and organic matter mineralisation in contaminated calcareous soil amended with organic materials. *Bioresource Technology*. 97, 1894-1901.
- Cerrato, M. E, Leblanc, H.A., Kameko, C. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la universidad Earth. *Tierra Tropical*. 3 (2): 183-197.
- García-Gil, J.C., Plaza, C., Soler-Rovira, P., Polo, A. 2000. Long-Term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil biology and Biochemistry*. 32, 1907-1913.
- Gil-Sotres, C. Trasar-Cepeda, Ma.C. Leiros. Influencia de la fertilización orgánica sobre la evolución de las propiedades bioquímicas de estériles de minas de lignito. *Ecosistemas*. Año XI, N°1.
- INEGI. Edición 2003. Anuarios de estadísticas por entidad federativa. Gobierno del Estado de México.
- Kaviraj, S. Sharma. 2003. Municipal solid waste management through vermicomposting employing exotic and local species of earthworms. *Bioresource Technology*. 90: 169-173.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario oficial de la federación. Semarnat, 2001.
- Peña, W. 2004. Suelos desarrollados sobre serpentinitas y su relación con la flora endémica. Tesis doctoral. Universidad de Santiago de Compostela. 402 p.
- Porta, C.J., López Acevedo, R.M., Roquero, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundi prensa. Madrid.
- Sharma, S. Pradhan, K., Satya, S., Vasudevan, P. 2005. Potentiality of Earthworms for Waste Management and in Other Uses – A Review. *Journal of American Science*, 1 (1), 4 - 16.
- Soto, G., y Muñoz, C. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*. (65):123-129.
- STATGRAPHICS PLUS Versión 5.0 (Statistical Graphics Corporation, 2000).
- Zularisam, A. W., Siti, Z.S., Zakaria, I., Syukri, M.M., Anwar, A. y Sarikah, M. 2010. Production of biofertiliser from vermicomposting process of municipal sewage sludge. *Journal of Applied Sciences*. 10 (7): 540-584.

TOLERANCIA A LA SALINIDAD DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES DE UN SUELO SALINO DE IXMIQUILPAN, HIDALGO

Domínguez de la Cruz Eduardo¹, Ríos Gómez Ramiro¹ y Laura Hernández Cuevas².

¹Laboratorio de Restauración de Suelos, Unidad de Investigación en Sistemática Vegetal y Suelo, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. E-mail: edc_1985@hotmail.com

²Centro de investigación en Ciencias Biológicas, Laboratorio de Micorrizas, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

Resumen

Se estudió la tolerancia a la salinidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) de un suelo del municipio de Ixmiquilpan en el mes de abril del 2010. Se seleccionaron 4 sitios de estudio a lo largo de un gradiente de concentración salina, en cada sitio se muestrearon las raíces de 5 herbáceas dominantes para evaluación de colonización micorrízica, así como suelo rizosférico para la extracción de esporas de HMA y análisis físicos y químicos del mismo. Las raíces se clarearon y tiñeron como lo describen Phillips y Hayman y las muestras de suelo se procesaron por la técnica de tamizado húmedo y decantación de Gendeman y Nicolson en combinación con la de flotación de azúcar de Walker, para posteriormente ser cuantificadas y determinadas. Se identificaron un total de seis especies de HMA pertenecientes a los géneros *Claroideoglobus*, *Funneliformis*, *Glomus* y *Pacispora*. Los cuatro sitios se clasificaron como muy fuertemente salinos con conductividades eléctricas que alcanzaron los 103 dS/m y pH de 8.44. Bajo estas condiciones se registró una esporulación de hasta 260 esporas/100 g de suelo y las gramíneas *Cynodon dactylon* y *Hordeum jubatum* presentaron hasta un 50% de colonización micorrízica. Se concluye que los HMA son fundamentales en la supervivencia de algunas especies vegetales en suelos salinos y que el aumento de salinidad incrementa la colonización micorrízica. Finalmente, se recomienda el uso de estas dos gramíneas inoculadas con estos HMA, para futuros usos forrajero y extracción de sales del suelo.

Palabras clave: Salinidad, hongos micorrízicos arbusculares y conductividad eléctrica.

Abstract

We studied the salinity tolerance of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) of a soil of Ixmiquilpan on April 2010. We selected four study sites along a gradient of salt concentration, roots were collected from five dominant grasses to study mycorrhizal colonization, and rhizospheric soil for the extraction of AMF spores and physical and chemical analysis same. The roots were cleared and stained as described by Phillips and Hayman and soil samples were processed by the technique of wet sieving and decanting Gendeman and Nicolson in combination with sugar flotation of Walker, later to be quantified and identified. We identified a total of six species of HMF belonging to the genera *Claroideoglobus*, *Funneliformis*, *Glomus* and *Pacispora*. The four sites were classified as very strongly saline with electrical conductivity reached 103 dS/m and pH of 8.44. Under these conditions there was 250 spores in 100 g of soil and the grasses *Cynodon dactylon* and *Hordeum jubatum* showed up to 50% of mycorrhizal colonization. We conclude that AMF are essential to the survival of some plants in saline soils and the salinity increased mycorrhizal colonization. Finally, we recommend the use of these two grasses inoculated with these AMF, fodder for future use and extraction of soil salts.

Key Words: Salinity, arbuscular mycorrhizal fungi, electrical conductivity.

Introducción.

En la actualidad, la salinidad del suelo se considera el principal estrés abiótico en la agricultura a lo largo del planeta, donde se observa como efecto general la reducción de la tasa de crecimiento, tasa de elongación de raíz y hojas, tasa de germinación de la semilla y emergencia de plántulas, debido a una menor disponibilidad de energía y adquisición de nutrientes (Larcher, 1995). Las plantas han desarrollado diferentes mecanismos a nivel celular y de individuo para enfrentar estos efectos (Días de

Acevedo *et al.*, 2004). En adición a los sistemas de protección intrínsecos de las plantas ante el estrés, éstas crecen en asociación con un número de microorganismos del suelo, entre ellos los Hongos micorrízicos arbusculares, capaces de establecer generalmente una endosimbiosis con más del 90% de las raíces de las plantas terrestres, formando las llamadas Micorrizas Arbusculares (gr. *mykes*, hongo y *rhiza*, raíz) (Bago *et al.*, 1998). Esta simbiosis mejora la habilidad de captación de nutrimentos y tolerancia a estrés biótico y abiótico, así mismo, su abundancia tiene una gran influencia en la nutrición y crecimiento de las plantas hospedadas, es de gran trascendencia fisiológica y ecológica para el buen funcionamiento y estabilidad de las comunidades vegetales. La red hifal incrementa la superficie de captación de nutrimentos para la planta, principalmente de iones fosfato y amonio disponibles en el suelo. Se estima que las hifas externas proporcionan hasta un 80% del fósforo y 25% del nitrógeno, además de elementos poco disponibles en el suelo como Cu, Zn, Mn, Mg y Ca requeridos por la planta (Smith, 2008). A cambio, el hongo además de contar con un hábitat, recibe azúcares simples derivados de la fotosíntesis efectuada por el hospedero. Se ha señalado que una gran cantidad de hongos micorrízicos asociados con especies vegetales reciben del 10 al 20% del carbono almacenado por la planta (Kling y Jacobsen, 1998). Los HMA pueden contribuir a disminuir el efecto del estrés y la pérdida de la productividad de las plantas en los suelos salinos (Tena, 2002). En otras especies evita un elevado consumo de Na^+ y Cl^- , así como su transferencia a los brotes de la planta, sin embargo, existe una clara evidencia que la germinación de esporas y el desarrollo de las hifas de algunos HMA se reduce por la salinidad (Tapia, 2008). Existe poca investigación sobre el desarrollo de los hongos micorrízicos arbusculares en suelos salinos, y la información existente muchas veces es escasa y circunstancial (Abbott y Robson, 1991). El presente trabajo tuvo como finalidad estudiar la tolerancia a la salinidad de los hongos micorrízicos arbusculares de las herbáceas dominantes que se han establecido en un suelo salino de Ixmiquilpan, Hidalgo, para determinar si es conveniente aplicar una fitorremediación eficiente, ya que al propagar dichas especies vegetales junto con sus micobiontes en suelos actualmente improductivos, se lograría gradualmente una remoción de la salinidad en cada ciclo forrajero.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en un suelo anteriormente usado para agricultura y actualmente abandonado por problemas de salinidad. Su ubicación geográfica se encuentra entre los paralelos $20^\circ 42'$ y $20^\circ 23'$ de latitud norte y los meridianos $99^\circ 05'$ y $99^\circ 18'$ de longitud oeste. La recolecta de muestras se hizo en temporada seca (Abril) y temporada húmeda (septiembre de 2010).

Se seleccionaron cinco sitios, en cada uno de ellos la vegetación se muestreo por el método de cuadrantes de Cox (1980) para determinar la densidad, dominancia, frecuencia y calcular el Índice de Valor de Importancia (IVI) = densidad relativa + dominancia relativa + frecuencia relativa. Se seleccionaron las especies vegetales con mayor valor de importancia. En cada uno de los sitios, se colectaron cinco muestras de suelo rizosférico de cada una de las especies vegetales estudiadas, en el cuadro 1 se muestran las variables y métodos usados para su evaluación química.

Cuadro 1. Variables y métodos de evaluación del suelo rizosférico.

Variable.	Método.
pH	Electrométrico AS-02 (Norma Oficial Mexicana NOM-021-REC/NAT-2000).
Conductividad Eléctrica (dS m^{-1})	AS-18 (Norma Oficial Mexicana NOM-021-REC/NAT-2000)
Cationes solubles (Ca^+ , Mg^+ , Na^+ y K^+)	Absorción atómica y espectrofotometría AS-19 (Norma Oficial Mexicana NOM-021-REC/NAT-2000).
Aniones solubles (Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-})	Volumetría y turbimetría AS-20. (Norma Oficial Mexicana NOM-021-REC/NAT-2000).

Otra parte de las muestras de suelo rizosférico se procesaron por la técnica de tamizado húmedo y decantación de Genderman y Nicolson (1963) en combinación con la de flotación de azúcar de Walker (1997), para la extracción de esporas de HMA, para posteriormente cuantificar y determinar las especies. Para conocer la colonización micorrízica, se colectaron las raíces finas de las especies vegetales, fueron fijadas *in situ* en formol-alcohol-ácido acético (FAA). En el laboratorio se evaluaron por la técnica de clareo y tinción descrita por Phillips y Hayman (1970) y se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de colonización} = \left(\frac{\# \text{ de campos colonizados}}{\# \text{ de campos observados}} \right) * 100$$

Con los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza de un factor, para determinar las diferencias en la abundancia de esporas en suelo rizosférico entre sitios y temporadas de estudio. Por otra parte se aplicó un análisis de correlación de Person para conocer cuál de los parámetros químicos influyen en la densidad de esporas en la rizósfera y la colonización micorrízica de las especies vegetales.

Resultados y Discusión

Se encontró un total de ocho especies vegetales y se seleccionaron las cinco con mayor valor de importancia (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor de importancia de las especies vegetales

Especie	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda
<i>Cynodon dactylon</i>	49.99	29.52	20.84	27.74	52.59	141.86	300	300
<i>Chenopodium berlandieri</i>	61.90	79.46	25.64	26.90	50.29	39.52	0.0	0.0
<i>Chenopodium denticatum</i>	52.16	106.56	89.09	38.16	12.29	12.98	0.0	0.0
<i>Hordeum jubatum</i>	24.62	21.23	101.62	169.63	70.28	45.10	0.0	0.0
<i>Spergularia marina</i>	78.03	33.39	29.51	23.76	47.78	39.31	0.0	0.0

El análisis químico del suelo, indica que todos los sitios son suelos muy fuertemente salinos, con conductividades mayores a los 16 dS m⁻¹ y pH medianamente alcalinos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Variables químicas del suelo rizosférico.

Temporada	Sitio	pH	CE (dS/m)	MO (%)	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	(meq/100 g)			
									CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻
Seca	1	8.32	103.83	5.46	3.03	40.13	2.42	10.8	0.09	0.24	27.59	18.72
	2	8.44	74.2	2.8	4.85	17.36	1.67	7.21	0.06	0.15	13.72	12.47
	3	8.24	76.4	4.33	2.55	30.01	1.53	19.22	0.11	0.27	24.31	22.08
	4	8.21	73.35	4.30	1.81	19.8	1.86	13.58	0.06	0.23	17.83	14.37
Húmeda	1	8.20	27.98	3.81	0.66	11.82	3.44	3.99	0.13	0.47	8.82	5.15
	2	8.21	27.91	5.52	0.91	10.68	3.99	4.18	0.21	0.36	10.27	7.47
	3	7.95	25.93	3.1	1.67	5.54	2.46	2.71	0	0.58	15.28	1.59
	4	8.10	16.75	3.53	1.96	21.04	2.64	5.1	0	0.69	10.58	0.28

Se determinaron seis especies de HMA: *Claroideoglossum aff etunicatum*, *Claroideoglossum claroideum*, *Funneliformis coronatum*, *Funneliformis geosporum*, *Glomus tortuosum* y *Pacispora sp.*

La evaluación en 100 g de suelo rizosférico, mostró que en época de seca, el sitio 1 presentó el menor número de esporas (71), y en los sitios 2, 3 y 4 se registraron valores mayores a 200 esporas. En temporada de lluvia, todos los sitios presentaron valores muy altos, siendo estos superiores a 300 esporas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Número de esporas por sitio y especie vegetal en ambas temporadas de estudio.

Especie	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda
<i>C. dactylon</i>	84	401	250	475	163	844	260	634
<i>C. berlandieri</i>	40	304	227	538	236	570	SP	SP
<i>C. denticatum</i>	63	215	216	476	198	416	SP	SP
<i>H. jabatum</i>	103	404	22.60	262	232	494	SP	SP
<i>S. marina</i>	65	296	245	476	232	370	SP	SP
Total	71±24	342±80	240±18	506±47	212±32	539±33	260±33	634±59

Mediante el análisis de varianza (ANOVA), en temporada seca se determinaron diferencias estadísticamente significativas en cantidad de esporas entre los sitios 1-2, 1-3, 1-4 y 3-4 ($F= 49.30$; $p= 0.0000$); mientras que en época húmeda el sitio 1 presentó diferencias con el resto de los sitios ($F= 7.17$; $p= 0.0029$). Al realizar el análisis por temporada, se encontraron diferencias estadísticas en los periodos de muestreo: sitio 1 seca-sitio 1 húmeda ($F= 46.30$; $p= 0.0000$); sitio 2 seca-sitio 2 húmeda ($F= 138.73$; $p= 0.0000$); sitio 3 seca-sitio 3 húmeda ($F= 14.85$; $p= 0.0049$) y sitio 4 seca-sitio 4 húmeda ($F= 153.21$; $p= 0.0000$).

El análisis de correlación entre número de esporas y parámetros químicos, mostró que existe una relación altamente significativa entre la abundancia y los parámetros; conductividad eléctrica ($r= -0.9248$; $p= 0.0010$, pH ($r= -0.7476$; $p= 0.0330$); los aniones HCO_3^- ($r= 0.8393$; $p= 0.0092$), Cl^- ($r= -0.7139$; $p= 0.0467$), SO_4^{2-} ($r= -0.8455$; $p= 0.0082$) y el catión Na^+ ($r= -0.8188$; $p= 0.0129$). Estos datos sugieren que el aumento de la salinidad del suelo disminuye la cantidad de esporas, posiblemente por un estrés osmótico en las mismas.

De las cinco especies vegetales muestreadas en ambos periodos, solo las gramíneas *C. dactylon* y *H. jabatum*, presentaron colonización micorrízica. El cuadro 5 muestra el porcentaje de colonización total de las especies vegetales, donde se observa, que no existen diferencias de colonización entre las gramíneas del mismo sitio, pero si entre temporadas de estudio.

Cuadro 5. Porcentaje de colonización total por sitio y temporada.

Especie	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda	Seca	Húmeda
<i>C. dactylon</i>	51.19	13.33	38.62	16.72	40	9.11	35.63	7.64
<i>C. berlandieri</i>	46.86	17.57	54.78	18.08	37.89	12	SP	SP

*SP= sin presencia

Mediante el análisis de correlación que se realizó entre las variables químicas del suelo rizosférico y la colonización total de *C. dactylon*, se encontró que los parámetros químicos que influyen significativamente en la colonización son, la CE ($r= 0.8700$; $p= 0.0050$), el pH ($r= 0.8766$; $p= 0.0043$), K^+ ($r= 0.8519$; $p= 0.0072$), HCO_3^- ($r= -0.8765$; $p= 0.0043$) y SO_4^{2-} ($r= 0.8453$; $p= 0.0082$). Esto indica que al aumentar los niveles de salinidad en el suelo, las gramíneas necesitan aumentar la colonización micorrízica para poder superar los efectos adversos de la salinidad.

Conclusiones

El suelo se encuentra severamente afectado por un elevado contenido de sales, que afecta el establecimiento de especies con fines agrícolas.

La germinación de esporas de HMA está fuertemente afectada por la elevada CE y alto contenido de iones Na^+ , Cl^- , y SO_4^{2-} en el suelo.

La salinidad favorece la colonización micorrízica en *C. dactylon* y *H. jabatum*, la asociación permite a las plantas tolerar el estrés salino y establecerse en la zona.

Las especies *S. marina*, *C. denticatum* y *C. berlandieri*, son capaces de usar otras estrategias para tolerar las condiciones de alta salinidad.

Se recomienda la introducción de *C. dactylon* y *H. jabatum* inoculados con sus especies de HMA, en suelos afectados por sales, con la finalidad de ser usado como pasto forrajero, esto permitirá dar un uso a suelos actualmente improductivos, a la vez que se realiza la extracción de sales con cada ciclo forrajero.

Literatura citada

- Abbott, L.K. y A.D. Robson. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular-mycorrhizal. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 35:121-150
- Adams M. 1995. Fundamentos de Química de suelos. Universidad Central de Venezuela. Caracas Venezuela. 393 pp.
- Bago B., C. Azcon., A. Goulet y Y. Piché. 1998. Branched absorbing structures (BAS): a feature of the extraradical mycelium of symbiotic arbuscular micorrhizal fungi. *New Phytologist*. 139:375-388.
- Cox W.G., 1980. Laboratory manual of general ecology. San Diego State University. William C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa. EUA. 235 pp.
- Días de Acevedo, A., J. Tarquinio., J. Enéas., C Feitosa., J. Vieira., P. Henrique y E. Gomes. 2004. Effects of salt stress on plant growth, stomatal response and solute accumulation of maize genotypes. *Braz. J. Plant Physiol* 16(1): 31-38.
- Genderma, J. W. y T. H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal Endogene species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Transaction of the British Mycological Society* 46: 235-244.
- Kling, M. y Jacobsen I. 1998. Arbuscular mycorrhiza in soil quality assessment. *Ambio* 27(1): 29-34.
- Larcher W. 2003. *Physiological Plant Ecology*. 4ª Edición. Springer. Germany. 513 pp.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-021RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. SEMARNAT. 85 pp.
- Phillips J. M. y D. S. Hayman, 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Smith S.E y D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3ra edición. Academic press. Gran Bretaña. 787 pp.
- Tapia J., R. Ferrera., L. Varela., J. Rodríguez., J. Lara., J. Soria., H. Cuellar., M. Tiscareño y R. Cisneros. 2008. Caracterización e identificación morfológica de hongos formadores de micorriza arbuscular, en cinco suelos salinos del estado de San Luis Potosí, México. *Revista Mexicana de Micología* 26: 1-7.
- Tena S. A. 2002. Presencia de Hongos Micorrízicos Arbusculares en plantas silvestres de suelos salinos en el estado de Colima. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Colima, México.

AISLAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DE RIZOBACTERIAS PROMOTORAS DE CRECIMIENTO VEGETAL EN YUCATÁN Y SU EFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTULAS DE TOMATE

Yam-Chimal, Carmen¹, Noh-Medina José², Borges-Gómez Lizette¹, Zúñiga-Aguilar José Juan³ y Godoy Gregorio³

¹Instituto Tecnológico de Conkal. km 16.3 antigua Carretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán. carmita_49@hotmail.com, ²Instituto Tecnológico de Tizimín. km 3.5 Carretera Tizimín-Col. Yucatán, final del aeropuerto Cupul, Yucatán, ³Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán, A.C. Calle 43 No.130 Col. Chuburná de Hidalgo C.P. 97200 Mérida, Yucatán.

Resumen

Se aislaron 81 cepas de las raíces de los cultivos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq), Maíz (*Zea mays* L.) y Calabaza (*Cucurbita pepo* L.) con el fin de estudiar algunas de sus características *in vitro* que pudieran estimular el crecimiento vegetal. Diez y siete cepas sintetizaron ácido indolacético (AIA) con un rango de concentración de 0.167 a 12.51 mg L⁻¹, 37 cepas solubilizaron fosfato inorgánico y tres fueron capaces de inhibir del 13.04 al 45.5 % el crecimiento fúngico de *Fusarium oxysporum* y del 33.33 al 35.9 % el crecimiento de *Phytophthora capsici*. Los aislados KCH3 y TSACH2 incrementaron significativamente la materia seca de la parte aérea de las plantas (42 y 32 % respetivamente) en la producción de plántulas de tomate para trasplante en invernadero.

Palabras clave: Ácido Indol acético, Solubilización de fosfato inorgánico, Antagonismo.

Abstract

A total of 81 rhizobacteria was isolated from roots of habanero pepper, maize and pumpkin to screen some *in vitro* characteristics known to promote plant growth. The results revealed that 17 rhizobacterial isolates produce indole-3-acetic acid at variable concentrations, from 0.167 to 12.51 mg L⁻¹, 37 isolates solubilize inorganic phosphorus and three shown antagonistic activities that reduced 13.4 to 45.5 % the growth of *Fusarium oxysporum* and 33.33 to 35.9 % the growth of *Phytophthora capsici*. Two isolates, KCH3 and TSACH2 increase significantly (42 and 32 %) the shoot dry weight of tomato plantlets in a greenhouse essay.

Key Words: indole acetic acid, inorganic phosphate- solubilization, antagonism.

Introducción

Las bacterias que viven en el área de influencia de las raíces de las plantas se denominan rizobacterias, y su efecto final en el desarrollo vegetal no es significativo en la mayoría de los casos. Sin embargo, se estima que 2 a 5 % de las rizobacterias son capaces de estimular el crecimiento de las plantas por medio de diferentes mecanismos (Antoun and Kloepper, 2001; Egamberdieva, 2007)). En algunos casos, las rizobacterias estimulan directamente el crecimiento mediante la producción de fitohormonas, como el ácido Indol acético (AIA), la isopentenyladenosina (IPA) y el ácido giberélico (Arshad and Frankenberger, 1991; Khalid *et al*, 2004; Khakipour *et al*, 2008; Farzana *et al* 2009; Wahyudi *et al*, 2011); y la liberación de fosfatos orgánicos e inorgánicos en el suelo por medio de la producción de fosfatasas y ácidos orgánicos, que aumentan la disponibilidad de este macroelemento para las plantas (Vázquez *et al*, 2000; Paredes-Mendoza y Espinosa-Victoria, 2010; Wahyudi *et al*, 2011). En otros casos, la estimulación del crecimiento vegetal es a través de mecanismos indirectos, como es el antagonismo de ciertas bacterias por medio de la producción de antibióticos, enzimas, producción de compuestos volátiles que permiten reducir la incidencia de enfermedades de las plantas cultivadas (Rudrappa, 2010; Mojica-Marín *et al* 2009).

Los diferentes mecanismos que utilizan las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR por sus siglas en inglés) hacen de estos microorganismos una herramienta interesante que se puede integrar en los diferentes procesos de la producción agrícola, como es la nutrición vegetal y el control de plagas y

enfermedades, permitiendo de esta manera un mejor aprovechamiento de la fertilidad natural de los suelos, reduciendo la utilización de las enormes cantidades de fertilizantes minerales y pesticidas que contaminan el medio ambiente y son de alto riesgo para la salud humana. Los objetivos del presente trabajo fueron: (i) aislar y purificar rizobacterias a partir de diferentes plantas cultivadas; (ii) evaluar las características PGPR *in vitro* de las rizobacterias aisladas y (iii) evaluar el efecto de la inoculación de rizobacterias seleccionadas con características PGPR en plántulas de tomate.

Materiales y métodos

La característica físico-química del suelo donde fueron aisladas las rizobacterias fueron las siguiente: textura franco-limoso, materia orgánica: 19.05%, capacidad de intercambio catiónico: 39.38 meq 100g⁻¹, Nitrógeno tota: 11.26 %, Fósforo extraíble: 22.8 mg kg⁻¹ y Potasio intercambiable: 656.75 mg kg⁻¹. Las bacterias se aislaron de raíces de chile habanero, maíz y calabaza utilizando una solución salina (NaCl, 0.85%) y diferentes medios de cultivo para favorecer la diversidad de microorganismos: caldo de soya tripticaseína con agar (TSBA por sus siglas en inglés) al 10 % al cual se le adicionó 10 mg mL⁻¹ de Penicilina G y 5 mg mL⁻¹ de Polimixin B; agar triptico de soya al 10 % para favorecer el aislamiento de *Bacillus* (Bashan *et al.*, 1993), el King B para *Pseudomonas fluorescens* y el extracto de levadura-tryptona (TY por sus siglas en inglés) para *Rhizobium* (Herrera-Cervera *et al.*, 1999). Los medios empleados en el aislamiento se suplementaron con 100 g L⁻¹ de Cycloeximida. Las bacterias purificadas se conservaron a –20 °C en glicerol al 30% esterilizado en autoclave. La producción de ácido Indol acético (AIA) se determinó en cultivos bacterianos de 72 h en el medio Czapek suplementado con 2.5 mM de L-Triptófano, mediante el reactivo Salkowski. La cuantificación del AIA en el medio de cultivo se realizó por espectrofotometría UV a una longitud de onda de 530 nm con una curva estándar de AIA. La solubilización de fosfato inorgánico fue mediante el método de Mehta y Nautiyal (2001) empleando el medio líquido NBRIP-Bromofenol azul, en el cual la decoloración del tinte azul indica la solubilización de fosfato. Las pruebas de antagonismo contra los hongos *Phytophthora capsici* y *Fusarium oxysporum* se realizaron en el medio agar de papa dextrosa (PDA) aplicando el método de cultivo dual (Zarrin *et al.*, 2009). Para calcular el % de inhibición del micelio se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición} = [(t-T)/t \times 100]$$

Donde T es el crecimiento del micelio del hongo con bacteria y t es el crecimiento del micelio del hongo en el medio sin bacteria. Se evaluaron nueve rizobacterias con características PGPR *in vitro* aisladas del cultivo de chile habanero, en la producción de plántulas de tomate (Sun 7705, Nunhem) en invernadero. Cultivos purificados de cada cepa fueron suspendidos en una solución de NaCl (0.85%) para ser utilizados como inoculante. Las semillas de tomate fueron esterilizadas con etanol al 70% durante 2 min y con cloro comercial (Cloralex[®]) al 50 % durante 5 min. A continuación se dejaron reposar durante 1h en la suspensión bacteriana para inocularlas. La siembra se realizó en contenedores de poliestireno de 200 cavidades llenas con sustrato húmedo a base de turba (Sunshine[®]). Después de la siembra, las charolas fueron estibadas en un cuarto oscuro, y tres días después, al inicio de la germinación, fueron trasladadas al invernadero para su desarrollo, donde fueron regadas manualmente de acuerdo con los requerimientos del cultivo, agregando al agua de riego 1 g mL⁻¹ del fertilizante 18-18-18. Las plántulas se colectaron 25 días después de la siembra, evaluando el peso seco de la parte aérea de las plántulas. El diseño experimental fue bloques completos al azar, la unidad experimental fue un contenedor de 200 cavidades con 4 repeticiones y los muestreos se hicieron tomando 20 plantas por repetición. Los datos se sometieron a un análisis de varianza y la comparación de medias fue por el método de la diferencia mínima significativa.

Resultados y Discusión

Se aislaron 81 cepas de rizobacterias, de las cuales 17 (21 %) sintetizan AIA en concentraciones de 0.167 a 12.51 mg L (Figura 1). La producción del AIA por las PGPR ha sido reportada por varios investigadores. Farzana *et al* (2009) obtuvieron aislados capaces de producir AIA en un rango de concentración de 3.83-

13.33 mg L⁻¹. Wahyudi *et al* (2011) reportaron la producción de AIA de 0.81 a 86.82 mg L⁻¹. Khalid *et al* (2004) mostraron la variabilidad en la producción de auxinas por parte de las rizobacterias, y la correlación existente entre las concentraciones de las auxinas sintetizadas y la producción de biomasa en plantas de trigo en condiciones axénicas. La variabilidad de la producción de AIA probablemente se debe a la diversidad de especies y cepas, así como a los componentes del medio de cultivo (Khakipour *et al*, 2008).

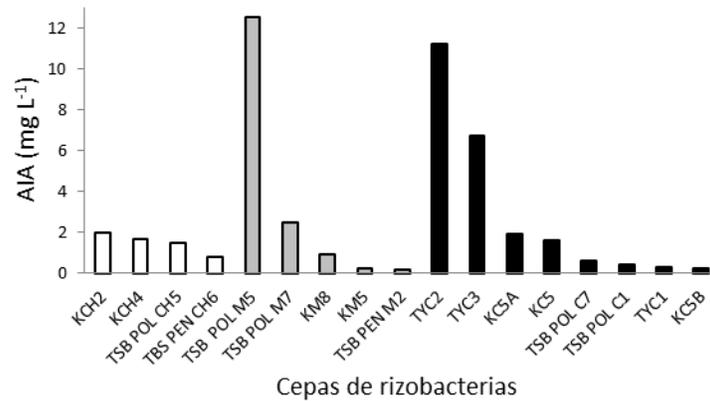


Figura 1. Producción de ácido Indol-3-acético.

Treinta y siete cepas (46%) mostraron capacidad para solubilizar fosfato inorgánico (Cuadro 1). La habilidad de las bacterias para solubilizar el Ca₃PO₄ *in vitro* muestra la posibilidad de su aplicación en cultivos de interés agrícola. Se observó que ocho cepas que solubilizan fosfato inorgánico (BSP) también sintetizan AIA. En un estudio realizado por Wahyudi *et al* (2011) se observó que el 100% de las BSP producen AIA, y según indican Paredes-Mendoza y Espinosa-Victoria (2010), la solubilización de fosfato inorgánico de las rizobacterias se debe a la liberación de ácidos orgánicos y el AIA podría tener un efecto en la solubilización de PO₄. El resto de las cepas tal vez solubilizan el PO₄ mediante la producción de otros metabolitos secundarios como lo mencionan Vázquez *et al* (2000).

Cuadro 1. Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico.

Cultivo	Cepas
Chile	TSBPOLCH1, TSBPOLCH5 [†] , TSBPENCH4, TSBPENCH6 [†] , KCH2 [†] , KCH3, KCH4 [†] ,
Habanero	KCH5, TSACH2
Maíz	TSBPENM1, TSBPENM6, TSBPENM3, TSBPOLM6, TSBPOLM2, KM2, KM5 [†] , KM7,
	KM8 [†] , KM9, TYM4, TYM5, TYM6
Calabaza	TSBPENC2, TSBPENC3, TSBPOLC3, TSBPOLC4, KC1, KC2, KC3, KC4, KC5 [†] , KC7, KC9,
	KC10, TYC3 [†] , TYC4, TYC7

[†]Cepas sintetizadoras de AIA

En diversos estudios realizados se ha observado que algunas rizobacterias tienen la capacidad de inhibir el crecimiento micelial de diferentes hongos fitopatógenos. Mojica-Marín *et al* (2009) demostraron que las cepas de *Bacillus thuringiensis* generan actividades antagónicas contra *Phytophthora capsici*, inhibiendo su crecimiento de 14 a 80% y de un 30 a 43.02% en *Fusarium oxysporum*. En este estudio, tres cepas mostraron actividad antagónica contra *Fusarium oxysporum*: TYM3 con 45.5% de inhibición, KM5 (22.85%) y KCH2 (13.04 %). Estas mismas cepas mostraron actividad antagónica contra *Phytophthora capsici* con 35.9, 33.33 y 33 % de inhibición respectivamente.

En la producción de plántulas en invernadero, los aislados KCH3 y TSACH2 incrementaron de manera significativa la producción de materia seca de la parte aérea en 42 y 32 % respectivamente (Figura 2, Cuadro 2). Los otros siete aislados evaluados también incrementaron la producción de materia seca en un

rango del 1 al 18 % pero estos resultados no fueron estadísticamente significativos. En un estudio realizado por Egamberdieva (2007) demostró el efecto de las PGPR en chícharo aumentaron más del 27% del peso seco de las plántulas. El mecanismo de solubilización de fosfatos detectado en ambas cepas de rizobacterias, podría jugar un papel importante en la promoción del crecimiento observado, ya que el pH alcalino del agua de riego utilizado (7.62) y su contenido de bicarbonatos (370 mg L^{-1}), produce la precipitación del fósforo en forma de fosfato de calcio, reduciendo la disponibilidad del elemento para las plantas. Los tratamientos a base de rizobacterias que solubilizan el fósforo, podrían incrementar la disponibilidad de este elemento en la rizósfera y su absorción por las plantas.



Figura 2. Efecto de las cepas TSACH2 y KCH3 en el desarrollo de plántulas de tomate.

Cuadro 2. Influencia de dos cepas de rizobacteria en el crecimiento de plántulas tomate

Tratamiento	Materia seca (mg planta^{-1})
Testigo	90 (± 28)
TSA CH2	119 (± 25)
KCH3	128 (± 26)

(\pm): desviación estándar; cv: 21.53

Conclusión

Se aislaron 81 cepas de rizobacterias, de las cuales 21 cepas se obtuvieron del cultivo de chile habanero, 24 del cultivo de maíz y otros 24 aislados del cultivo de calabaza. Independientemente del cultivo donde fueron aisladas se detectó la capacidad de la síntesis de ácido indolacético en 21 %, 47 % solubilizan fosfato inorgánico y el 3.7% tienen actividades antagónicas contra *Fusarium oxysporum* y *Phytophthora capsici*. Debido a estas propiedades detectadas en algunas cepas estas podrían tener un gran potencial en la producción de diferentes cultivos ya que podrían favorecer la promoción de crecimiento vegetal en combinación con otras estrategias de manejo. En este estudio plántulas de tomate inoculadas con cepas aisladas de chile habanero lograron promocionar el desarrollo de las plántulas aumentando de 1 al 42% del de la biomasa de la parte aérea.

Literatura citada

- Antoun, H. y J. Kloepper. 2001. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Encyclopedia of Genetics. Academic Press.
- Arshad, M. y W. T. Frankenberger Jr. 1991. Microbial production of plant hormones. Plant and Soil 133: 1-8.
- Bashan, Y., G. Olgún y R. Lifshitz. 1993. Isolation and characterization of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. In: Methods in Plant Molecular Biology and Biotechnology. CRC Press, Inc.
- Egamberdieva D. 2008 Plant Growth Promoting Properties of Rhizobacteria Isolated from Wheat and Pea Grown in Loamy Sand Soil. Turk J Biol 32:9-15.
- Farzana, Y., O. Radziah, S. Kamaruzaman and S.S. Mohd. 2009. Characterization of beneficial properties of plant growth-promoting rhizobacteria isolated from sweet potato rhizosphere. African Journal of Microbiology Research 3(11):815-821.

- Herrera-Cervera, J. A., J. Caballero-Mellado, G. Laguère, H-V. Tichy, N. Requena, N. Amarger, E. Martínez-Romero, J. Olivares y J. Sanjuan. 1999. At least five rhizobial species nodulate *Phaseolus vulgaris* in a Spanish soil. *FEMS Microbiology Ecology* 30: 87-97.
- Khalid, A, M. Arshad, y Z.A. Zahir. 2004. Screening plant growth-promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *J. Appl. Microbiol.* 96(3): 473-80.
- Mehta, J.D. y Nautiyal, C.S. 2001. An efficient method for qualitative screening of phosphate-solubilizing bacteria. *Current Microbiology* 43:51-57.
- Mojica-Marín, V., H.A. Luna-Olvera, CF Sandoval-Coronado, B Pereyra-Alfárez, L.H. Morales-Ramos, N.A. González-Aguilar, C.E. Hernández-Luna, O.G. Alvarado-Gómez. 2009. Control biológico de la marchitez del chile (*Capsicum annuum* L.) por *Bacillus thuringiensis*. *FYTON*, 78: 105-110.
- Paredes-Mendoza, M. y D. Espinosa-Victoria. 2010. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica. *Terra Latinoamericana* 28: 61-70.
- Parving, J., T. Vidit and B. Ballabh. 2011. Characterization of Rhizobacteria Diversity Isolated from *Oryza sativa* Cultivated at Different Altitude in North Himalaya. *Advances in Applied Science Research* 2 (4):208-216.
- Rudrappa, T, M. L. Biedrzycki, S. G. Kunjeti, N. M. Donofrio, K. J. Czymmek, P. W. Paré and H. P. Bais. 2010. The rhizobacterial elicitor acetoin induces systemic resistance in *Arabidopsis thaliana*. *Communicative and Integrative Biology* 3:2, pp. 130-138.
- Vázquez, P. G. Holguin, M.E. Puente, A. López-Cortes y Y. Bashan. 2000. Phosphate-solubilizing microorganisms associated with the rhizosphere of mangroves in a semiarid coastal lagoon. *Biol Fertil Soils* 30:460–468.
- Wahyudi, A. T., R. P. Astuti, A. Widyawati, A. Meryandini and A. A. Nawangsih. Characterization of *Bacillus* sp. strains isolated from rhizosphere of soybean plants for their use as potential plant growth for promoting Rhizobacteria. *Journal of Microbiology and Antimicrobials* 3(2):34-40.

¿LA IDENTIDAD DE LAS ESPECIES VEGETALES PUEDE AFECTAR LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN EL MANTILLO? EL CASO DE DOS CONGÉNERES DE *QUERCUS*

Chávez-Vergara, B.¹, García-Oliva, F.¹ y Vázquez-Marrufo, G.²

¹Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM Campus Morelia ²Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, UMSNH. E-mail: bruno.chavez@gmail.com

Resumen

Se ha identificado que es en el mantillo donde se llevan a cabo los procesos claves en la dinámica del C y nutrientes en ecosistemas forestales, cuya composición química depende de las especies vegetales que lo producen. Por lo cual, el objetivo del presente trabajo es identificar el efecto de dos especies de *Quercus* sobre la actividad enzimática en su mantillo y si este efecto puede ser modificado en condiciones de co-ocurrencia de las especies. Se seleccionaron dos especies de *Quercus* (solas y en interacción) en las mismas condiciones ambientales y se colectó el mantillo bajo ellas. Las muestras de mantillo fueron colectadas en abril del 2011 y se les determinó C, N y P total, disponible, disuelto y C en la biomasa microbiana, así mismo se determinó la actividad de exoenzimas asociadas a la dinámica de C, N y P. Los resultados obtenidos muestran que el mantillo asociado a cada especie presenta diferencias en la disponibilidad de C metabolizable (Cdis y COD). Estas formas de C están asociadas a la calidad química de la MO retornada por las especies vegetales y son la principal fuente de energía para las comunidades microbianas del suelo, las cuales regulan la actividad enzimática.

Palabras clave: *Quercus*; mantillo; actividad enzimática

Abstract

In forest ecosystems, the litter plays a key role in the C and nutrients dynamics. These dynamics depends on the chemical composition of litterfall produced by different vegetal species. Therefore, the aim of this study is analyzed the effect of two *Quercus* species on the litter enzymatic activity and under co-occurrence of both species. We selected two *Quercus* species in two conditions: isolates and in interactions under same environmental conditions. The litter samples were collected in April 2011 and different forms C, N and P were analyzed (total, available, dissolved and within microbial biomass) and the activity of exo-enzymes were also analyzed. The results show that the litter associated with each species had differences in the availability of metabolizable C (Cava and COD). These forms of C are associated with the chemical quality of organic matter returned by the plant and they represent the main source of energy for microbial communities, which regulated the enzymatic activity.

Keywords: *Quercus*; forest soil; enzyme activity.

Introducción

La descomposición del mantillo depende de dos procesos: la despolimerización de grandes moléculas orgánicas y la mineralización o transformación de moléculas orgánicas a iones inorgánicos (Kögel-Knabner, 2002). En el primer caso, los microorganismos liberan enzimas a la solución del suelo, para romper y solubilizar moléculas complejas y así poder assimilarlas, representando la principal fuente de energía química. En la mineralización, una vez que los nutrientes contenidos en las moléculas despolimerizadas son absorbidos e incorporados a la biomasa microbiana (inmovilizados) y posteriormente son desechados hacia la solución del suelo en forma de iones inorgánicos. De manera general, los microorganismos buscan que la energía obtenida sea mayor que el gasto invertido en la producción de enzimas, por lo cual hay preferencias en cada etapa sobre la utilización de moléculas que sean relativamente fáciles de romper, estructuralmente simples y con alto contenido de nitrógeno y de fósforo (Kögel-Knabner, 2002). Cabe señalar que cuando dominan moléculas complejas si no se da el proceso de despolimerización no es posible la mineralización de la materia orgánica y por tanto se reduce la disponibilidad de nutrientes.

Como se mencionó con anterioridad, uno de los principales reguladores de la descomposición es la composición química de la MO. De manera general, el mantillo está constituido por celulosa (15-60%), hemicelulosa (10-30%), lignina (5-30%), proteínas (2-15%), grasas (1%) y compuestos orgánicos solubles, o disueltos, como azúcares, aminoácidos, ácidos nucleicos o ácidos orgánicos (10%), además de una proporción variable de metabolitos secundarios (Kögel-Knabner, 2002). Estas proporciones en la composición química están ligadas a la identidad de las especies vegetales de las cuales provienen y requieren mecanismos específicos para su descomposición. La actividad enzimática regula la descomposición, la disponibilidad de compuestos orgánicos disueltos, la mineralización de nutrientes y la humificación. Estos mecanismos varían con relación a condiciones ambientales y a las características de la materia orgánica a descomponer. Por ejemplo, en presencia de compuestos orgánicos lábiles dominan las celulasas, fosfatasas y otras hidrolasas. En contraste, en presencia de compuestos más complejos dominan las fenol oxidasas (laccasas) y las peroxidasas (lignina peroxidasa y manganeso peroxidasa). (Sinsabaugh et al., 2008)

En los ecosistemas naturales, las especies vegetales no se encuentran solas sino en combinaciones de especies con características particulares y el efecto de una especie vegetal sobre la descomposición y mineralización puede ser modificado por efecto de la mezcla de materia orgánica de diferente origen. Se han identificado tres tipos de relaciones funcionales derivadas de interacciones de especies vegetales que afectan la descomposición de la materia orgánica y mineralización de nutrientes en el suelo, al comparar el efecto de las especies vegetales solas y cuando se encuentran en interacción con otra especie (Rothe y Binkley, 2001).

Estas relaciones se definen con base a si el efecto de la especie vegetal cuando se encuentra en combinación es igual (lineal o neutra), mayor (sinérgica o positiva) o menor (antagónica o negativa) a cuando se encuentra sola. Al respecto, se han realizado estudios en los cuales se han definido estas interacciones y de manera general se puede concluir que no es posible predecir el efecto de la mezcla de la materia orgánica con base en el efecto de la especie vegetal en condiciones de no mezcla (Kaye et al., 2000). Entonces, las especies vegetales ejercen un efecto regulatorio importante sobre la descomposición y el reciclamiento de nutrientes, dependiente de la naturaleza química de la materia orgánica que retornan al suelo y que puede ser modificado por la combinación de especies vegetales, llegando inclusive a inducir cambios persistentes en el tiempo y que pueden determinar la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Rothe y Binkley, 2001).

El objetivo del presente trabajo fue identificar el efecto de dos especies de *Quercus* sobre la actividad enzimática del mantillo asociado a estas y si este efecto puede ser modificado en condiciones de co-ocurrencia de las especies.

Materiales y Métodos

Este estudio se realizó dentro de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán (19° 37' 01.6" latitud norte; 101° 20' 07.6" longitud oeste). El sitio presenta una temperatura media anual de 17.6 °C con presencia de la estación húmeda de junio a septiembre, cuya precipitación anual es de 791 mm (estación meteorológica de Cointzio); (Servicio Meteorológico Nacional, 2010). Los suelos son de origen volcánico clasificados como Luvisol crómico sobre basaltos del cuaternario (Chávez-Vergara, 2010). Se seleccionó una ladera en la cual se presentan dos especies del género *Quercus* (*Q. castanea* secc. Lobatae y *Q. deserticola* secc. *Quercus*). En ésta ladera existe la dominancia de cada una de las especies en los flancos y en la parte central una franja donde ambas especies se encuentran en combinación, con lo cual se definieron los "tratamientos" en solas (dominancia de una especie con baja probabilidad de combinación de mantillos) e interacción (combinación entre especies y mantillos) quedando definidos como *Q. castanea* sola (Qc), *Q. castanea* en interacción (QcX), *Q. deserticola* en interacción (QdX) y *Q. deserticola* sola (Qd). Se seleccionaron seis individuos de cada tratamiento donde el área experimental es área bajo la copa de cada individuo.

Se elaboró una muestra compuesta de mantillo de cada individuo con lo cual se obtuvieron seis replicas por tratamiento, colectadas en abril del 2011. Estas muestras fueron transportadas al Laboratorio de Biogeoquímica de Suelos del CIEco, UNAM donde se almacenaron a 4°C en oscuridad. A todas las

muestras colectadas se le determinó la concentración de C, N y P total, disuelto y en biomasa microbiana siguiendo los mismos métodos y protocolos que los reportados por Chávez-Vergara (2010).

La actividad enzimática evaluada consistió en aquellas relacionadas a la despolimerización de compuestos de C (celobihidrolasas (CBH) y β -glucosidasas (β -Glu), degradación de quitina (N-acetilglucosaminidasas (NAG) y la despolimerización de lignina y compuestos fenólicos (polifenol-oxidasas (PFO) y así también para la mineralización de P (fosfomonoesterasas (FME)) según los protocolos descritos en trabajo de Fioretto y colaboradores (2009). Estos análisis se realizaron en el laboratorio de Conservación y Biotecnología Microbiana del CMEB-UMSNH. Los resultados de laboratorio fueron sometidos a análisis de correlación de Pearson para identificar la relación entre variables analizadas y al análisis de varianza de una vía (ANOVA), en el caso de que las comparaciones entre tratamientos fuese significativa ($p < 0.05$) se realizó una pruebas poshoc (Tukey HSD) para identificar las diferencias entre tratamientos. Todos los análisis fueron realizados en el programa estadístico STATISTICA 7.0.

Resultados y Discusión

Se encontró que el mantillo asociado a *Q. deserticola* (*Qd*) tuvo mayor concentración de formas disponibles de C (Cdis y COD, Cuadro 1) en comparación con *Q. castanea* (*Qc*), lo cual nos indica que hay menor concentración de moléculas lábiles en esta última, con lo cual los microorganismos pueden estar limitados en fuentes de energía disponible.

Cuadro 1. Medias (error estándar) de las variables asociadas a la dinámica de C, N y P por tratamiento. Así mismo se muestra el valor de F (p) derivado del análisis de varianza de una vía.

Parámetro	Tratamiento				F (p)
	<i>Qc</i>	<i>QcX</i>	<i>QdX</i>	<i>Qd</i>	
Humedad	1.62 (0.45) ^{B*}	2.69 (0.19) ^{A*}	3.13 (0.28) ^{A*}	1.19 (0.18) ^{B*}	9.03 (<0.001)
pH	6.03 (0.05) ^C	6.06 (0.06) ^{CB}	6.20 (0.04) ^B	6.57 (0.05) ^A	21.7 (<0.001)
Cdis	1082 (220) ^C	1367 (100) ^C	2551 (314) ^B	4014 (153) ^A	39.3 (<0.001)
COD	2578 (408) ^C	2090 (345) ^C	4092 (986) ^A	5239 (451) ^A	5.65 (0.006)
Cmic	4679 (640)	4421 (464)	4382 (493)	5649 (1212)	0.59 (0.622)
NH4+	0.09 (0.05) ^B	0.22 (0.10) ^{AB}	0.55 (0.17) ^A	0.60 (0.18) ^A	3.38 (0.038)
NO3-	3.91 (0.56)	3.74 (0.40)	3.62 (0.45)	4.09 (0.52)	0.18 (0.909)
NOD	209 (9) ^B	200 (9) ^B	263 (15) ^{AB}	298 (17) ^A	7.10 (0.002)
PID	32 (3)	26 (4)	36 (3)	32 (4)	1.38 (0.275)
POD	128 (9)	116 (8)	126 (3)	131 (3)	0.96 (0.427)

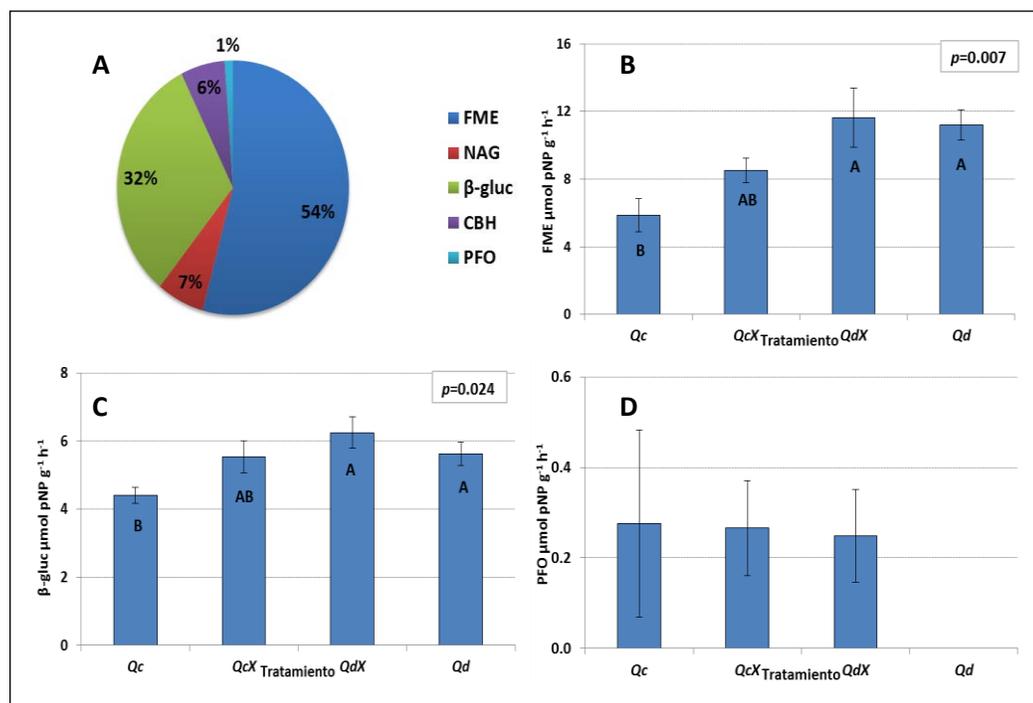
*Letras distintas señalan diferencias significativas ($p < 0.05$).

De manera general, se determinó que la actividad enzimática en el mantillo está dominada por FME y β -Glu, las cuales se asocian a la mineralización de P y degradación de celobiosa a glucosa, respectivamente (Figura 1A). Estas enzimas están catalogadas como hidrolasas y se caracterizan por ser enzimas que degradan moléculas muy lábiles (Baldrian y Štursová, 2011). Cabe señalar que el mantillo colectado coincide con el pico de mayor producción de hojarasca y este se caracteriza por tener elevadas concentraciones de moléculas lábiles (Chávez-Vergara, 2010), motivo por el cual la principal actividad enzimática se asocia a estas moléculas.

Cuadro 2. Correlación de Pearson de las variables asociadas a la dinámica de C, N y P y la actividad de las exoenzimas determinadas. Se muestra el valor del coeficiente de correlación y su probabilidad r(p) derivado del análisis.

Exoenzima	Parámetro*					
	Humedad	Cdis	COD	Cmic	NOD	POD
FME			0.54 (0.006)		0.50 (0.011)	
NAG		0.56 (0.004)		0.42 (0.040)		
B-Gluc			0.44 (0.030)			
CBH						-0.42 (0.041)
PFO	0.52 (0.009)		-0.44 (0.030)			

*Valores del coeficiente de correlación y su probabilidad derivados del análisis.



Nota: Letras distintas dentro de las barras del gráfico se refieren a diferencias significativas en el modelo de ANOVA ($p < 0.05$).

Figura 1. Actividad enzimática del mantillo asociado a cuatro tratamientos. A) proporción de las actividad enzimática detectada en el mantillo independientemente de los tratamientos, B) Medias (ee) de la actividad de la FME por tratamiento, C) Medias (ee) de la actividad de la β -Glu por tratamiento y, D) Medias (ee) de la actividad de la PFO por tratamiento.

Particularmente, se determinó que la FME no se relaciona con la disponibilidad de sustrato (POD) ni con la concentración del producto (PID), sino con la concentración de COD. De igual manera, la β -Glu se asocia con la concentración de COD (Tabla 2) y consistentemente es en los tratamiento asociados a *Q. deserticola* (*Qd* y *QdX*), donde se encuentra la mayor actividad de esta enzima (Figura 1, B y C) junto con la mayor concentración de COD (Tabla 1). El tratamiento de *QcX* no muestra diferencias con aquellos asociados a *Q. deserticola* en la actividad de la FME y β -Glu (Figura 1, B y C), probablemente por efecto de la mezcla de mantillos, que aunque no promueva un incremento detectable en la concentración del COD si lo hace en la actividad enzimática en comparación a cuando el mantillo de *Q. castanea* no está en interacción (*Qc*).

Aunque el mantillo de *Quercus* se caracteriza por su elevada concentración de compuestos fenólicos (taninos) (Yarnes et al, 2006), no se detectó elevada actividad de la PFO y se relacionó negativamente con la concentración de COD (Tabla 2). Lo cual se debe a que mientras haya C fácilmente metabolizable, los microorganismos no tienen la necesidad de buscar fuentes de energía en compuestos recalcitrantes (Baldrian y Štursová, 2011). Así también, se ha reportado que en ecosistemas forestales los principales productores de esta enzima son la comunidad fúngica, la cual responde a condiciones de mayor humedad (Shi, 2011), que no es el caso para la fecha de muestro. Aunque no hay diferencias entre los tratamientos, hay una tendencia a que *Qc*, *QcX* y *QdX* (Figura 1D) presenten actividad de la PFO, que puede estar asociado a que *Qc* y *QcX* presentan la concentración más baja de COD y Cdis mientras que *QdX* estaría influenciada por la mezcla de los mantillos y una mayor disponibilidad de agua, al ser estos factores (humedad y COD) quienes presentaron una correlación significativa con la PFO (Tabla 2).

Conclusiones

La disponibilidad de C se considera uno de los principales reguladores de la producción y actividad de las exo-enzimas por los microorganismos del suelo, y respecto a ello se encontró que esta se relaciona principalmente con la concentración de COD.

El mantillo asociado a las especies de *Quercus* estudiadas presenta diferencias en la disponibilidad de C y esta fue mayor en los tratamientos asociados a *Q. deserticola* donde también encontramos la mayor actividad de la FME, NAG y β -Glu.

El mantillo de *Q. castanea* en interacción (*QcX*) presenta un incremento en la actividad enzimática en comparación a cuando esta solo (*Qc*), lo cual puede estar influenciado por la mayor disponibilidad de C en el mantillo asociado a *Q. deserticola*, por lo que se puede definir como un efecto sinérgico de la mezcla de mantillos en cuanto a la actividad enzimática.

Literatura Citada

- Baldrian, P. y M. Štursová. 2011. Enzymes in forest soils. En: Shukla, G. y A. Varma. 2011. Soil enzymology. Springer-Verlag.
- Chávez-Vergara, B. 2010. Efecto de dos especies del género *Quercus* sobre la dinámica de C, N y P en un fragmento forestal de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán. Tesis de Maestría Posgrado en Ciencias Biológicas Universidad Nacional Autónoma de México
- Fioretto, A., A. Papa, A. Pellegrino y A. Ferrigno. 2009. Microbial activities in soils of a Mediterranean ecosystem in different successional stages. *Soil Biology and Biochemistry* 41:2061-2068.
- Kaye, J., S. Resh, M. Kaye y R. Chimner. 2000. Nutrient and carbon dynamics in a replacement series of *Eucalyptus* and *Albizia* trees. *Ecology* 8(12):3267-3273.
- Kögel-Knabner, I. 2002. The macromolecular organic composition of plant and microbial residues as input to soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* 34:139-162.
- Rothe, A. y D. Binkley. 2001. Nutritional interactions in mixed species forests: a synthesis. *Canadian Journal of Forest Research* 31:1855-1870.
- Shi, W. 2011. Agricultural and ecological significance of soil enzymes: Soil carbon sequestration and nutrient cycling. En: Shukla, G. y A. Varma. 2011. Soil enzymology. Springer-Verlag.
- Sinsabaugh, R., C. Lauber, M. Weintraub, B. Ahmed, S. Allison, C. Crenshaw, A. Contosta y L. Zeglin. 2008. Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale *Ecology Letters* 11(11):1252-1264.
- Yarnes, C., W. Boecklen, K. Tuominen y J. Salminen. 2006. Defining phytochemical phenotypes: size and shape analysis of phenolic compounds in oaks (Fagaceae, *Quercus*) of the Chihuahuan Desert. *Can. J. Bot.* 84:1233-1248.

AGUA Y SUELO DISEMINADORES DE PATÓGENOS INTESTINALES EN EL VALLE DE JUAREZ, CHIHUAHUA

Evangelina Olivas-Enríquez¹, Juan Pedro Flores-Márgez²

^{1,2} Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. ¹

E-mail: evolivas@uacj.mx

Resumen

Los antecedentes sobre alta prevalencia de enteroparasitosis en la población del Valle de Juárez, Chihuahua, motivaron este estudio con el fin de determinar los tipos de parásitos y los factores ambientales asociados con su diseminación, mediante la búsqueda en agua de uso doméstico, de riego agrícola y suelo, la presencia de indicadores fecales: bacterias coliformes totales y *E. coli* por el método de filtración por membrana; los parásitos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*, combinando técnicas de inmunomagneto separación con tinción inmunofluorescente; la prevalencia de enteroparásitos en los pobladores, se estimó mediante microscopía de heces. El 92.8 % de las localidades presentaron coliformes totales en el agua potable, así como (oo)quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* en el 92.3 % de las localidades; el 100 % de las muestras del agua residual presentó altos conteos de dichos parásitos. El suelo de asolve de canales, suelo agrícola e implementos agrícolas presentaron *Cryptosporidium* y *Giardia* en tres de los 14 suelos del campo agrícola (21%) de diferentes localidades, mientras que el 100 % de los suelo de viviendas de los pobladores fueron positivas a ambos parásitos, probablemente influenciados por la presencia de animales domésticos. El agua de riego representa un riesgo para la salud de los trabajadores agrícolas y los pobladores, como fuente de enteropatógenos. En los pobladores el parásito predominante fue *Giardia lamblia* con una prevalencia de 67.18 %, *Cryptosporidium parvum* 34.37 %, *Cyclospora cayetanensis* 21.8 %, Microsporidios 21.87 % y *Entamoeba histolytica* 6.25 %.

Palabras clave: *Cryptosporidium*, *Giardia*, suelo, agua potable, agua residual.

Abstract

This study was motivated by the high prevalence of enteroparasitosis in population of the Juárez Valley, Chihuahua, reported from previous research. This study was conducted to determine the types of intestinal parasites and environmental factors associated to their dissemination. Fecal indicators in tap water, irrigation water, and in the soil at houses were investigated. Presence of coliform bacteria, and *E. coli* were detected by membrane filtration method. The parasites *Cryptosporidium parvum*, and *Giardia lamblia* were identified and counted by using together immunomagnetic separation technique with immunofluorescence. These pathogens were monitored in soil at yard houses, irrigation canals, and soil in agricultural equipments. Prevalence of enteroparásitos in people was estimated by using heces microscopy. Results indicated that 92.8 % of locations had total coliforms in tap water, also (oo)cysts of *Cryptosporidium* and *Giardia* in 92.3 % of sites sampled. A 100 % of wastewater samples presented high count of these parasites. Soils from irrigation Canals, and agricultural equipment showed *Cryptosporidium* y *Giardia* in 3 of the 14 soils of agricultural fields (21%) of different locations. Soil from houses were all positives to the presence of both parasites, probably attributed to the presence of domestic animals. Wastewater used for agricultural irrigation also had high numbers of (oo)cysts of *Cryptosporidium* and *Giardia*, representing a high risk as source of enteropathogens for health of agricultural workers and general population. In people feces, *Giardia lamblia* had the highest prevalence 67.18 %, *Cryptosporidium parvum* 34.37 %, *Cyclospora cayetanensis* 21.8 %, Microsporidios 21.87 % and *E. histolytica* 6.25 %.

Key Words: *Cryptosporidium*, *Giardia*, soil, tap water, waste water

Introducción

Las enfermedades transmitidas por el agua constituyen un tema de actualidad mundial, adquiriendo cada vez más gravedad. Las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud muestran que las

enfermedades diarreicas representan el 17% de las muertes a nivel mundial en los niños de 5 años de edad (WHO, 2005). En México se han considerado como la tercera causa de muerte infantil (Aguirre *et al.*, 2007). En el Valle de Juárez es frecuente la dispersión de patógenos intestinales en el ambiente, debido a que es una zona agrícola donde una parte importante de los cultivos es irrigada con aguas residuales que se conducen en canales abiertos, que corren a todo lo largo del Valle, de tal manera que este hecho podría contribuir a la dispersión de contaminantes microbianos y a la prevalencia de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. A esto hay que agregar que la infraestructura sanitaria es deficiente. El objetivo principal del proyecto será determinar algunos de los principales factores que favorecen la diseminación de enteropatógenos en el Valle de Juárez.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Valle de Juárez, Chihuahua en los municipios de Juárez, Guadalupe y Praxedis, G.Guerrero. Los componentes metodológicos del estudio fueron:

I. Estudio de agua de uso doméstico de tomas de agua domiciliar de la red, durante 2008-2010. **1.** Detección y Conteo de Bacterias Coliformes Totales y de *Escherichia coli* : Se colectaron 84 muestras de 100 mL de agua dentro de 14 comunidades, en diferentes fechas, repitiendo los muestreos y cada muestra por cuadruplicado. Se midió el cloro residual utilizando un comparador Taylor 9081 y se inactivó añadiendo 0.1 mL de tiosulfato de sodio al 3 %. Las bacterias se investigaron por el método de membrana, pasando la muestra de agua por un filtro de celulosa (Millipore), 6 cm diámetro poro 0.45 μm y cuadrícula; la membrana se colocó en una placa de medio MI, incubando a 35 °C, por 24 horas. Se contaron las colonias blancas de coliformes totales y las colonias azules de *E. coli* (EPA, 2002). Se promedió el número de las cuatro muestras, para cada sitio. **2.** Identificación y conteo de *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*: Se colectaron 38 muestras de 10 L agua en 13 localidades, con repeticiones en diferentes fechas. Una muestra control de agua estéril se inoculó con un número conocido de (oo)quistes de los parásitos. La técnica desarrollada se basó en el método 1623 propuesto por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA, 2005; Kuhn y Oshima, 2002). Cada muestra se concentró mediante un ultrafiltro de cartucho de policarbonato, poro de 1 μm de diámetro (AHP-1010 Microza; Pall Corp.) acoplado a una boma peristáltica, hasta obtener 200 mL; se centrifugaron ó a 4000 rpm, a 4 °C por 30 min. El sedimento se sometió a la técnica de inmunomagnetoseparación (IMS Anticuerpos *Cryptosporidium* - *Giardia* Virusys Corporation); los (oo)quistes se liberaron del complejo y se tiñeron con anticuerpos marcados con fluoresceína contra *Cryptosporidium-Giardia* (A100FLK Aqua-Glo G/C Direct Waterborn Inc). Finalmente los (oo)quistes se identificaron y se contaron bajo el microscopio de epifluorescencia (LW Scientific), correspondiendo el número a la muestra total de 10 L.

II. Detección y conteo de *Giardia* y *Cryptosporidium* en aguas residuales usadas para riego. Se colectaron 11 muestras, tomadas en diferentes puntos, directamente del canal de riego que atraviesa las 15 localidades del Valle. Se utilizó el mismo método que en el agua potable.

III. Detección y conteo de *Giardia* y *Cryptosporidium* en suelo. Las muestras consistieron de 125gr de suelo, más 100 ml de solución dispersadora (50 mM Tris y 0.5% Tween 80) y se filtró en papel Whatman # 1. El filtrado se centrifugó a 3000 rpm por 10 min. El sedimento se sometió a la técnica de inmunomagnetoseparación para (oo)quistes de *Giardia* y *Cryptosporidium* y de tinción con inmunofluorescencia, utilizando los mismos reactivos que para el agua (Kuczynska, 1999). **IV.** La prevalencia de enteroparásitos humanos se determinó mediante identificación microscópica directa en heces.

Resultados y Discusión

Detección de bacterias coliformes: las coliformes totales se detectaron en el 92.8 % (37 de 84) de las muestras de agua de consumo humano, en 13 de las 14 localidades muestreadas (92 %). Los porcentajes de positividad dentro de cada localidad variaron desde el 100 % hasta el 12.5 % (Cuadro 1). De las 37 que resultaron positivas, 28 no presentaron cloro libre residual detectable. Aunque no hubo presencia de la bacteria indicadora de contaminación fecal *E.coli*, la presencia de coliformes totales indica una alerta de contaminación de cualquier tipo, sin identificar el origen, por posibles fallas en el

tratamiento con cloro, en la red de distribución o en las propias tomas domiciliarias. Tanto *E. coli* como los coliformes totales deben ser cero en el agua potable conforme las Normas Mexicanas.

Cuadro 1. Porcentajes de coliformes totales y *Escherichia coli* detectadas en agua para uso y consumo humano en las localidades del Valle de Juárez, Chih.

Localidad	% Coliformes totales	% <i>E coli</i>
San Agustín	66.6	0
El Porvenir	12.5	0
Práxedes G. Guerrero	50	0
San Isidro	71.4	0
Guadalupe D. B	0	0
El Millón	42.8	0
Jesús Carranza	66.6	0
Tres Jacales	16.6	0
Colonia Esperanza	50	0
Dr. Porfirio Parra	50	0
Juárez y Reforma	33.3	0
Loma Blanca	60	0
Vado de Cedillos	50	0
San José de Paredes	100	0

Detección de *Cryptosporidium* y *Giardia* en Agua Doméstica: En en el 100 % de las localidades estudiadas se detectó por lo menos uno de los parásitos. El rango fue entre 1 y 35 (oo)quistes de los parásitos (Cuadro 2), variando considerablemente entre muestreos y dentro de cada localidad, ya que algunas que fueron negativas en una muestra, después resultaron positivas en otra. Generalmente fueron mayores las cantidades de ooquistes de *C. parvum* y menores para *G. lamblia* con excepción de algunas muestras, ya que los ooquistes de *C. parvum* tiene una vida más prolongada en comparación con los quistes de *G. lamblia* en ambientes acuáticos (Harter, 2007). Es posible que los parásitos provengan de contaminantes en la red de distribución, pero también es posible que procedan del acuífero, sin ser destruidos por el cloro en las dosis exigidas, cuyos límites van de 0.2 a 1.5 mg/L de acuerdo con la norma mexicana (NOM-179-SSA1-1998; Peeters et al., 1989). El hallazgo de los parásitos se traduce como una alerta de que el agua no es segura para beber, ya que los ooquistes de *Cryptosporidium* infectan en números desde uno solo a 10 (Delaunay et al., 2000). Respecto a *Giardia*, los autores Wallis et al. (1996) proponen como límites permisibles entre 3 a 5 quistes por 100 L de agua para beber. La variación del número de (oo)quistes puede estar influenciada por las descargas microbianas que contaminan el agua conforme pasa el tiempo, dependiendo de la fuente de origen, y así, como consecuencia, puede ocurrir una dilución mayor de los organismos en diferentes períodos. La presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en todas las localidades, en diferentes fechas, concuerdan con su alta prevalencia en la población humana del Valle de Juárez, observada en este mismo estudio. Se sugieren estudios complementarios para el futuro que conduzcan a dilucidar las fuentes de contaminación del agua del acuífero, así como soporte gubernamental en todos los niveles, para el desarrollo e implementación de métodos como filtración adecuada, que logre la separación física de quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia*, mejorando el acceso al agua segura (Betancourt y Rose, 2004). Los abastecedores deben asegurarse de que los pozos se ajusten al estado y código de la buena construcción, para poder identificar cualquier fuente de contaminación fecal del pozo y tomar las medidas necesarias para corregir el problema. (NOM-003-CNA-1996; NOM-004-CNA-1996). Además del monitoreo de bacterias se debería incluir el de *Cryptosporidium* y *Giardia*. (Harwood et al., 2005).

Cuadro 2. Número de (oo)quistes de *C.parvum* y *G.lambli*a en muestras de 10 L de agua potable en diferentes localidades del Valle de Juárez, Chih. durante 2008-2010.

Localidad	<i>Cryptosporidium parvum</i>				<i>Giardia lamblia</i>			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
LB	0	0	0	0	0	0	0	0
SI	0	14	8		0	3	3	
SA	0	1	0		0	0	0	
JC	15	0	0		1	0	0	
TJ	21	0			0	0		
EM	24	0			1	0		
JR	0				2			
PP	5	0	1	3	0	0	2	1
B	1	6			0	1		
GP	2	0	0	4	1	0	0	1
PX	0	2	5		0	0	4	
CE	4	2	7		4	35	4	
PV	27	0	10	0	16	0	1	4
Total de muestras	38				38			

Detección de *Cryptosporidium* y *Giardia* en agua Residual usada para riego: El agua residual usada en el riego agrícola agrícola del Valle de Juárez proviene de un sistema de tratamiento primario avanzado, además de que varias poblaciones descargan aguas negras sin tratar al canal de riego principal del área. El rango de (oo)quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* detectados en aguas negras o residuales fue entre 5 y 104 (Cuadro 3), resultado que evidencia una alta contaminación con enteropatógenos de las aguas de riego. Debido a que el canal principal de riego corre a los largo del Valle, entre todas las poblaciones y contribuye a la intensa actividad agropecuaria desarrollada en el área, se puede inferir que está asociado con la diseminación de los patógenos durante el recorrido del agua, tanto al suelo regado, como a los mismos agricultores durante su manejo, a los productos cosechados, y a los pobladores del área en general. Los organismos en el suelo irrigado pueden sufrir filtración y alcanzar el acuífero común, el mismo que surte a la región y sus alrededores, incluyendo Ciudad Juárez.

La proporción de organismos y su transporte son influenciados por factores como recepción de aguas negras en diferentes puntos del recorrido, las condiciones ambientales, así como las propiedades físicas y químicas del suelo y del agua en el sistema. Todos ellos en conjunto, no solo determinan la presencia o ausencia de los patógenos, sino también su número. (Cox et al., 2005)

Cuadro 3. Número de (oo) quistes en muestras de agua residual tratada, en distintas localidades del Valle de Juárez, Chihuahua.

Localidad	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>
Loma Blanca	5	10
San Agustín	36	15
Porfirio Parra	17	26
Caseta	23	52
Barreales	87	24
Gpe. de Bravo	57	10
El Millón	104	0
PTAR Sur	71	43
El Millón	19	22
Loma Blanca	5	9
Praxedis	16	10

Detección de *Cryptosporidium* y *Giardia* en asolve de canales, suelo agrícola, implementos agrícolas y patios de casas: Los parásitos *Cryptosporidium* y *Giardia* se identificaron en tres de los suelos de 14 sitios estudiados en el campo y de implementos agrícolas (21%), en los que se detectaron de 22 a 74 ooquistes de *Cryptosporidium parvum* y de 7 a 33 quistes de *Giardia lamblia* por 125 g suelo (Cuadro 5). En este caso resulta evidente que en la localidad Juárez y Reforma, Guadalupe y Colonia Esperanza existe el riesgo potencial de contacto o diseminación de los parásitos.

Cuadro 5. Número de (oo)quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* en 125 g de suelo de diferentes sitios.

Muestras	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>
Juarez y Reforma i	0	0
Juarez y Reforma c	48	25
Barreales i	0	0
Gpe de Bravo c	22	7
Praxedis i	0	0
Praxedis c	0	0
Colonia Esperanza i	74	33
Los otros 7 lugares	0	0

c=canal; i=implementos

Por lo que respecta a las muestras de suelo de patios viviendas de los pobladores del Valle de Juárez, se encontraron todas positivas (cuadro 6), influyendo probablemente en la contaminación del suelo no solo el posible acarreo mecánico de patógenos desde las aéreas agrícolas, sino también la presencia de animales, ya que en todas las casas muestreadas se observaron animales domésticos en el patio, mismos que defecan libremente en todas partes, conviviendo estrechamente con los moradores.

Cuadro 6. Número de (oo)quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* en 125 g de suelo de patios de casas.

Localidad	<i>Cryptosporidium</i>	<i>Giardia</i>
Loma Blanca	3-12	2-12
San Isidro	2-21	2-10
San Agustín	3-23	2-9
Jesús Carranza	9-15	3-5
Tres Jacales	9-15	5-8
El Millón	13	6
Juárez y Reforma	11	4
Porfirio Parra	15	3
Guadalupe	8	5
Praxedis	3	1
Col. Esperanza	9	4
Porvenir	10	3

Prevalencia de parásitos en pobladores del Valle de Juárez: En los pobladores del Valle el parásito predominante fue *Giardia lamblia* con una prevalencia de 67.18 %, seguido por *Cryptosporidium parvum* con 34.37 %, en tercer lugar *Cyclospora cayetanensis* 21.8 %, en cuarto lugar Microsporidios 21.87 % y por último *Entamoeba histolytica* /*E.dispar* 6.25 % (Cuadro 7). En algunas personas se observó multiparasitismo, principalmente *Giardia* más *Cryptosporidium*. La deficiencia de infraestructura sanitaria observada y los datos sobre la presencia de *Cryptosporidium* y *Giardia* en el agua potable, en el agua de riego y en el suelo, en este mismo estudio, así como las malas condiciones higiénicas observadas en las viviendas, seguramente son factores determinantes en la diseminación de parásitos intestinales a partir del ambiente, por el ambiente contaminado en toda el área. Estudios previos en el Valle habían mostrado datos similares de prevalencia de parásitos en el área (López, 2008). La literatura menciona los microsporidios como agentes causales de infecciones severas en personas con algún tipo de inmunocompromiso (Weber, et al., 1994), sin embargo en este estudio no se supo si presentaban inmunosupresión.

Cuadro 7. Prevalencia de parásitos en una población de 65 personas del Valle de Juárez, Chihuahua. 2009.

Parásito	# personas infectadas	% personas infectadas
<i>G. lamblia</i>	43	67.18
<i>C. parvum</i>	22	34.37
<i>C. cayetanensis</i>	14	21.87
Microsporidios	14	21.87
<i>E.histolytica</i> / <i>E.dispar</i>	4	6.25

Conclusiones

Se demostró la deficiencia o carencia de cloro, así como la presencia de coliformes totales en el agua de uso doméstico del 92.8 % de las localidades, indicando contaminación, aunque no necesariamente fecal. La detección de (oo)quistes de *Cryptosporidium* y *Giardia* en el agua de uso doméstico del 92.3 % de las localidades, así como altas cantidades de los mismos en aguas residuales de riego significan contaminación fecal; dichos parásitos presentes también en muestras del suelo de asolve de canales, suelo

agrícola, implementos agrícolas y en el 100 % de los patios de viviendas de los pobladores, significan riesgo para la salud de los agricultores y de los pobladores del área, dato que se corroboró al determinar la prevalencia de parásitos en estas personas, siendo el parásito predominante *Giardia lamblia* con una prevalencia de 67.18 %, seguido por *Cryptosporidium parvum* 34.37 %, en tercer lugar *Cyclospora cayetanensis* 21.8 %, en cuarto lugar Microsporidios 21.87 % y por último *Entamoeba histolytica* /*E.dispar* 6.25 %, así como algunas personas con multiparasitismo. Este escenario sugiere que las autoridades encargadas de salud consideren la información para ejercer medidas preventivas y validar con más análisis la presencia de estos parásitos tanto en el ambiente como en las personas.

Literatura Citada

- Aguirre A. H., Gonzalez I.C.K., Moya R.J., Gonzalez G.J.y Reynaga M.E. 2007. Diarreas. Revision. Hipocrates Rev. Medica. Hospital Civil de Guadalajara. On line. <http://www.rhotonwa.com/hipocrates/articulos/mayo-junio%2007/Articulo%20de%20Consultarevision.pdf>. Consultado 15 enero de 2008.
- Betancourt WQ y Rose JB. 2004. Drinking water treatment processes for removal of *Cryptosporidium* and *Giardia*. *Vet. Parasitol.* 126(1-20): 219-34
- Cox S E, Simonds FW, Doremus L, Huffman RL, y Defaware RM. 2005. Ground water/surface water interactions and quality of discharging ground water in streams of the lower Nooksack River Basin, Wsatcom County, Washington: U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005-5255, 46 p.
- Delaunay A, Gargala G, Li X, Favennec L, y Ballet J.J. 2000. Quantitative Flow Cytometric Evaluation of Maximal *Cryptosporidium parvum* Oocyst Infectivity in a Neonate Mouse Model. *Appl. and Environm. Microbiol.* 66(10): 4315-4317
- EPA, 2002. Method 1604: Total Coliforms and *Escherichia coli* in Water by Membrane Filtration Using a SimultaneousDetection Technique (MI Medium). <http://www.epa.gov/microbes/1604sp02.pdf> (consultado enero 2008)
- Harter T. 2003. Groundwater Quality and Groundwater Pollution. UC Cooperative Extension Hydrogeology Specialist, University of California, Davis, and Kearney Agricultural Center.
- Harwood, V.J, Levine,A.D., Scott, T.M., Chivukula,V., Lukasik,J., Farrah, S.R., y Rose, J.B. 2005. Validity of the indicator organism paradigm for pathogen reduction in reclaimed water and public health protection. *Appl. Environ. Microbiol.* 71(6): 3163-3170
- Kuhn, R.C y Oshima K.H. 2001. Evaluation and optimization of a reusable hollow fiber ultrafilter as a first step in concentrating *Cryptosporidium parvum* oocysts from water. *Wat. Res.* 35(11): 2779-2783.
- Kuczynska E. y Shelton, D. R. 1999. Method for Detection and Enumeration of *Cryptosporidium parvum* Oocysts in Feces, Manures, and Soils. *Appl. Environm. Microbiol.* 65 (7): 2820-2826.
- López, EJ y Olivas, EE. 2008. Parasitosis intestinales en niños de un área urbana y una suburbana. Memorias 4º Congreso Internacional de Ciencias. Dpto. Ciencias Básicas. Instituto de Ciencias Biomédicas. Unversidad Autónoma de Ciudad Juárez, Chihuahua. México.
- WHO. 2005. Environmental Health. Relief Efforts after the in South East Asia. World Health Organization. http://www.searo.who.int/LinkFiles/Water_Sanitation_and_Health_TsunamiReport.pdf (consulta 12enero de 2008)
- NOM-003-CNA-1996. Norma Oficial Mexicana. Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua, para prevenir la contaminación de acuíferos.
- NOM-004-CAN-1996. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca Norma Oficial Mexicana. Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.
- NOM-179-SSA1-1998. Norma Oficial Mexicana. Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua para uso y consumo humano distribuida por sistemas de abastecimiento público.

- Peeters, J.E, Mazas E.A, Masschelein W.J, Villacorta I, y Debacker E. 1989. Effect of Disinfection of Drinking Water with NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano- límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización."
- U.S.E.P.A.2005. Environmental Protection Agency. Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in Water by Filtration/IMS/FA United States Environmental Protection Agency. <http://www.epa.gov/microbes/1623de05.pdf> (Consultado el 15 de febrero, 2008).
- Wallis P.M, Erlandsen, S.L, .Isaac-Rent, J.L, Olson, M.E, Robertson ,W.J. y van Keulen, H. 1996. Prevalence of Giardia cysts and Cryptosporidium oocysts characterization of Giardia spp. Isolated from drinking water in Canada. Appl. Environm. Microbiol. 62(8): 2789-2797
- Weber R, Bryan RT, Schwartz, D.A, y Owen, R.L.1994.Human MicrosporidialInfections.Clin.Microbiol.Rev.7(4):426-461
- WHO. 2005; Environmental Health. Relief Efforts after the in South East Asia. World Health Organization. http://www.searo.who.int/LinkFiles/Water_Sanitation_and_Health_TsunamiReport.pdf(accesado el 5 de febrero de 2010).

EFFECTO DE LA INOCULACIÓN CON RIZOBACTERIAS EN CALIDAD DE FRUTO DE PEPINO (*Cucumis sativus*)

Pérez-Rosales, Elvia¹, Grimaldo-Juárez Onecimo², Almaraz-Suarez Juan José¹, Alarcón Alejandro¹, González-Mendoza Daniel² y Arana-Coronado Oscar Antonio³
Área Microbiología del Suelo, Posgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados¹.
E-mail: pr300686@hotmail.com Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California².
Posgrado en Economía, Colegio de Postgraduados³.

Resumen

La inoculación con rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) puede facilitar la disponibilidad de nutrientes mejorando el nivel nutricional de la planta, además la utilización de estos biofertilizantes reduciría la necesidad de utilizar altas tasas de fertilización y en algunas ocasiones puede mejorar la calidad del fruto; por lo cual el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inoculación con rizobacterias en la calidad de fruto de pepino (*Cucumis sativus*). El experimento se llevo a cabo en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California, para lo cual se utilizo un diseño experimental de bloques al azar, donde se inocularon semillas de pepino con *Pseudomonas* sp (A46) bajo tres dosis de fertilizantes, además de un testigo; una vez transcurridos 73 días después de la inoculación se cosecharon los frutos para determina: pH, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (AT), nitratos y ortofosfatos. Los resultados obtenidos mostraron que la inoculación favorecía los SST y aumento ligeramente la acidez del fruto, además las plantas inoculadas presentaron frutos con mayor cantidad de ortofosfatos en comparación con el testigo.

Palabras clave: RPCV, inoculación, biofertilizantes

Abstract

The inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (RPCV) may facilitate the availability of nutrients to improve the nutrition of crops. In addition the use of these bio-fertilizers may reduce the need for high rates of fertilization and improve the fruit quality. The aim of this study was to evaluate the effect of inoculation with rhizobacteria on fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus*). The experiment was conducted at the Institute of Agricultural Sciences at the Autonomous University of Baja California; the cucumber seeds were inoculated with a strain of *Pseudomonas* sp (A46) under three levels of fertilizer, and a control also was included; fruits were harvested 73 days after inoculation to determine pH, total soluble solids (TSS), titratable acidity (TA), nitrates and orthophosphates. The results showed that inoculation increased SST and slightly affected the fruit acidity; fruits of inoculated plants had higher levels orthophosphates than the control.

Key words: PGPR, inoculation, biofertilizers

Introducción

Los microorganismos del suelo son importantes en el reciclaje de nutrientes, descomposición de materia orgánica y en la estructura del suelo, la diversidad de estos ha sido alterada por el aumento de la fertilización química y por la intensificación del uso de tierra (Shen *et al.*, 2010). Además, los fertilizantes en la actualidad son costosos y su producción requiere el uso de combustibles fósiles que contribuyen a la emisión de gases de efecto de invernadero (Mia *et al.*, 2010); el uso excesivo de fertilizantes contribuye también al deterioro de la calidad del suelo y contaminación de cuerpos de agua, siendo esto claramente insostenible (Kang *et al.*, 2010), por lo que se tienen que buscar alternativas para tener una agricultura mas sustentable, como el uso de microorganismos benéficos que incrementen el aprovechamiento de los fertilizantes.

Las rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) pueden mejorar la capacidad de absorción de nutrientes, aumentar la germinación de semillas (Gül *et al.*, 2008), estimular el crecimiento, rendimiento

en cultivos como pimiento y tomate (Mena-Violante y Olalde-Portugal, 2007) y la calidad de fruto, como apariencia (tamaño, forma, color, brillo), textura (firmeza, frescura), sabor, y valor nutritivo (Aghili *et al.*, 2009). La calidad del fruto depende del tipo de sustrato, fertilización, estado nutricional de la planta (Gajc-Wolska *et al.*, 2008) y manejo de plagas (Gómez-López *et al.*, 2006); esta calidad se verá reflejada en la cantidad de sólidos solubles, azúcares, ácidos orgánicos y pH, las cuales son importantes para el mercado (Huang *et al.*, 2009). Aun cuando las RPCV mejoran el estado nutricional de las plantas, poco se sabe sobre sus efectos en el desarrollo y calidad de frutos (Dursun *et al.*, 2010), por ello el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación con rizobacterias en la calidad de los frutos de pepino (*Cucumis sativus*).

Material y Métodos

Se utilizó la cepa *Pseudomonas* sp. A46, del cepario del Laboratorio de Microbiología del Colegio de Posgraduados, Montecillos, México. La cepa fue crecida en caldo nutritivo a 24 °C por 72 h hasta obtener una concentración aproximada de 1×10^9 UFC/mL. El experimento se realizó en el Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Las semillas de pepino (*Cucumis sativus* cv. Alcazar) fueron esterilizadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 2 % por 30 s y posteriormente lavadas con agua destilada estéril. Almácigos de unicel con 128 cavidades se llenaron parcialmente con peat moss esterilizado; en cada cavidad se colocó una semilla y en seguida se inocularon 2 mL de suspensión bacteriana por semilla, mientras que al testigo se le agregó 2 mL de caldo nutritivo; después se cubrieron con otra capa de peat moss. Las plántulas fueron trasplantadas a los 25 días después de la siembra en el invernadero. Se estableció un diseño experimental de bloques al azar con arreglo factorial 2X3, donde los factores fueron: inoculación (con cepa y sin cepa) y fertilización (testigo, 50% y 100% de dosis de fertilización recomendada), cuya combinación da un total de 6 tratamientos, cada uno con tres repeticiones.

El experimento se condujo en invernadero bajo un sistema de riego por goteo, donde la dosis de fertilizante fue administrada en el riego y variada de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. Las plantas fueron conducidas verticalmente a un solo tallo, para ello se podaron los brotes laterales. La cosecha de frutos se realizó a partir del día 50 después del trasplante y la calidad de fruto de determinó en el último corte.

Se extrajo el jugo de 6 pepinos de cada tratamiento, de este se obtuvieron 3 muestras para evaluar las variables: pH con un potenciómetro y sólidos solubles totales (grados brix) con un refractómetro modelo NI-á (Atago, Japón). La acidez titulable fue calculada con 10 mL de jugo, titulando con 0.1 M de NaOH hasta llegar a pH 8.1, los valores obtenidos se expresaron en porcentaje. Se determinó NO_3^- y K^+ con un ionómetro marca Horiba (Spectrum Technologies, Inc.); para determinar K^+ se utilizó el modelo C-131 con rango de 5 a 4900 ppm y de NO_3^- el modelo C-141 con rango de 4 a 6200 ppm; los ortofosfatos se determinaron con un espectrofotómetro marca Hanna modelo HI93713 con rango de 0 a 15.0 mg L⁻¹. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias Tukey con una significancia de $P < 0.05$ utilizando el paquete estadístico SYSTAD 10.2 (Systat Software Inc., California, USA).

Resultados y Discusión

El valor más alto de pH del jugo de los frutos fue de 5.9 que corresponde al testigo con 100 % de fertilizante, mientras que en el tratamiento inoculado más 50 % de fertilizante obtuvo el valor más bajo con 5.6 (Cuadro 1). Se ha reportado que los valores de pH en los frutos de pepino pueden variar entre una fecha de corte y otra, lo cual puede ser dependiente del estado nutricional del cultivo, ya que se ha observado que exceso de nitrógeno conduce a un pH más elevado (Gómez-López *et al.*, 2006), por otro lado estos valores de pH también varían de acuerdo al genotipo (Rouphael *et al.*, 2010), en un rango que puede ir desde 4 (Azarmi *et al.*, 2009) a 6 (Terraza *et al.*, 2009). Los sólidos solubles totales (grados Brix) que mide el contenido total de sacarosa disuelta en el jugo es un valor importante en la evaluación y calidad de frutos, en el caso de pepino se ha reportado valores con un rango de 3.8 a 6 dependiendo en

muchas ocasiones del genotipo (Terraza *et al.*, 2009). Se ha visto que la inoculación con microorganismo no incrementa los sólidos solubles totales (Dursun *et al.*, 2010), no obstante, en nuestro caso los valores más altos de grados brix fueron en los tratamientos inoculados (Cuadro 1). La acidez titulable (AT) determina los ácidos orgánicos del fruto y las características organolépticas de este (Carrera *et al.*, 2008). En este experimento el nivel de acidez de los frutos fue similar entre tratamientos inoculados y no inoculados en cada una de las dosis de fertilizante, y fue más baja en la dosis de 100% de fertilización (Cuadro 1). Los ácidos disminuyen con la maduración, ya que estos se convierten en azúcares y por lo tanto aumentan los SST (Cañizares *et al.*, 2003); en este experimento se observó que las dosis altas de fertilización disminuye la acidez de los frutos de pepino, lo cual concuerda con lo reportado por Ruiz y Romero (1998).

La relación de madurez expresada como SST/AT indica el grado de dulzura y acidez de la fruta, así como la aceptabilidad del consumidor (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008). En los tratamientos inoculación complementada con 100% de fertilizante y el testigo con 100% fertilizante se incrementó esta relación (Cuadro 1), este aumento sucede cuando los SST se incrementan y la AT disminuye (Campos-Mota *et al.*, 2004; Álvarez-Herrera *et al.*, 2009), así como el pH aumenta (Gómez-López *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Efectos de la inoculación de RPCV en pH, sólidos solubles totales (SST), acidez titulable y relación SST/AT de frutos de pepino (*Cucumis sativus* cv. Alcazar).

Tratamientos		pH	SST (° Brix)	Acidez Titulable (%)	Relación SST/AT
Inoculado	Dosis de fertilizante				
A46	0%	5.73 bc	4.66 ab	0.09 b	49.64
T		5.80 ba	3.93 c	0.08 bc	47.28
A46	50%	5.57 c	4.57 b	0.11 a	41.97
T		5.77 bac	3.83 c	0.09 bc	44.92
A46	100%	5.87 ab	4.87 a	0.07 cd	65.18
T		5.9 a	3.97 c	0.06 d	61.98

Valores mostrados como promedios de tratamientos. n= 3 replicas por tratamiento. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias T= testigo A46= Inoculado con la cepa bacteriana A46.

Dursun *et al.* (2010) menciona que la inoculación con RPCV en plantas pueden aumentar la concentración de elementos como N, P, K, Zn, Fe, Mn, Na, Ca y Mg en frutos, debido a una mayor absorción de nutrientes por las plantas. Las RPCV pueden contribuir a la disponibilidad de P en el suelo a través de la mineralización de P orgánico o la solubilización de P inorgánico (Zabihi *et al.*, 2011), por lo cual la inoculación de microorganismos aumenta la disponibilidad de fósforo en el suelo, aumentando la concentración de fósforo en frutos como fresa (Esitken *et al.*, 2010); por otra parte la deficiencia de este elemento disminuye la firmeza del fruto (Knowles *et al.*, 2000), en nuestro caso los tratamientos que fueron inoculados tuvieron un aumento en la concentración de ortofosfatos en frutos (Cuadro 2). No obstante, la concentración de nitratos en fruto fue menor en los tratamientos inoculados que en los testigos sin inocular, en cualquiera de las dosis de fertilización (Cuadro 2).

Cuadro 2. Efectos de la inoculación con RPCV en la concentración de ortofosfatos y nitratos en frutos de pepino (*Cucumis sativus* cv. Alcazar).

Tratamiento		Ortofosfatos (mg /L)	Nitratos (mg /L)
Inoculado	Dosis de fertilizante		
A46	100%	10.86 a	5.3 b
T		8.7 cd	6.0 a
A46	50%	12.06 b	6.3 ab
T		6.1 e	8.0 a
A46	0%	14.52 bc	5.67 b
T		9.74 d	7.33 ab

Valores mostrados como promedios de tratamientos. n= 3 replicas por tratamiento. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias T= testigo A46= Inoculado con la cepa bacteriana A46.

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que la inoculación con microorganismos afecta la calidad en los frutos de pepino, debido a que aumenta la concentración de SST en los frutos, además incrementa la concentración de ortofosfatos; la inoculación con microorganismos puede ser una alternativa para mejorar los atributos comerciales del fruto de pepino.

Literatura Citada

- Aghili, F., A. H. Khoshgoftarmanesh, M. Afyuni and M. Mobli. 2009. Relationships between fruit mineral nutrients concentrations and some fruit quality attributes in greenhouse cucumber. *Journal of Plant Nutrition* 32: 1994–2007.
- Álvarez-Herrera, J. G., J. A. Galvis y H. E. Balaguera-López. 2009. Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). *Agronomía Colombiana* 27: 253-259.
- Azarmi, R., M. Torabi and B. Hajieghrari. 2009. The effect of sheep-manure vermicompost on quantitative and qualitative properties of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in the greenhouse. *African Journal of Biotechnology* 8: 4953-4957.
- Campos-Mota, L., G. A. Baca-Castillo, D. Jaén-Contreras, A. Muratalla-Lúa y R. Acosta-Hernández. 2004. Fertirriego y microrrizas en frambuesa roja cultivada en tepetate. *Agrociencia* 38:75-83.
- Cañizares, A., D. Laverde y R. Puesme. 2003. Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava* L.) en Santa Bárbara, Estado Monagas, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 3: 34-38. 2003.
- Carrera, A., D. Mark y R. Gil. 2008. Algunas características físicas y químicas de frutos de cinco variedades de mango en condiciones de sabana del estado monagas. *Agronomía Tropical*: 27-30.
- Dursun, A., M. Ekinici and M. Figen. 2010. Effects of foliar application of plant growth promoting bacterium on chemical contents, yield and growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Pakistan Journal of Botany* 42: 3349-3356.
- Esitken, A., H. E. Yildiz, S. Ercisli, M. F. Donmez, M. Turan and A. Gunes. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. *Scientia Horticulturae* 124: 62–66.
- Gajc-Wolska, J., D. Bujalski and A. Chrzanowska. 2008. Effect of a substrate on yielding and quality of greenhouse cucumber fruits. *Journal Elementol* 13: 205-210.
- Gómez-López, M. D., J. P. Fernández-Trujillo and A. Baille. 2006. Cucumber fruit quality at harvest affected by soilless system, crop age and preharvest climatic conditions during two consecutive seasons. *Scientia Horticulturae* 110: 68–78.

- Gül, A., F. Kidoglu, Y. Tüzel and I. H. Tüzel. 2008. Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite. Spanish Journal of Agricultural Research 6: 422-429.
- Huang, Y., R. Tang, Q. Cao and Z. Bie. 2009. Improving the fruit yield and quality of cucumber by grafting onto the salt tolerant rootstock under NaCl stress. Scientia Horticulturae 122: 26-31.
- Kang, S., M. Hamayun, G. Joo, A. Khan, Y. Kim, S. Kim, H. Jeong, I. Lee. 2010. Effect of Burkholderia sp. KCTC11096BP on some physiochemical attributes of cucumber. European Journal of Soil Biology 46: 264-268.
- Karlidag, H., A. Esitken, M. Turan and Fikrettin Sahin. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. Scientia Horticulturae 114: 16-20.
- Knowles, L., M. R. Trimble and N. R. Knowles. 2001. Phosphorus status affects postharvest respiration, membrane permeability and lipid chemistry of European seedless cucumber fruit (*Cucumis sativus* L.). Postharvest Biology and Technology 21: 179-188.
- Kotsiras, A., C. M. Olympios, J. Drosopoulos and H.C. Passam. 2002. Effects of nitrogen form and concentration on the distribution of ions within cucumber fruits. Scientia Horticulturae 95: 175-183.
- Leyva-Ruelas, G., P. Sánchez-García, G. Alcántar-González, J. G. Valenzuela-Ureta, F. Gavi-Reyes y Á. Martínez-Garza. 2005. Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate. Revista Fitotecnia Mexicana 28: 145 - 150.
- Martínez-Bolaños, M., D. Nieto-Angel, D. Téliz-Ortiz, J. Rodríguez-Alcazar, Ma. T. Martínez-Damian, H. Vaquera-Huerta, O. Carrillo-Mendoza. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. Revista Chapingo Serie Horticultura 14: 113-119.
- Mena-Violante, G. H and V. Olalde-Portugal. 2007. Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. Scientia Horticulturae 113: 103-106.
- Mia, M. A. B., Z. H. Shamsuddin and M. Mahmood. 2010. Use of plant growth promoting bacteria in banana: a new insight for sustainable banana production. International Journal of Agriculture & Biology 12: 459-467.
- Rouphael, Y., D. Schwarz, A. Krumbein, G. Colla. 2010. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. Scientia Horticulturae 127: 172-179.
- Ruiz, J. M and L. Romero. 1998. Commercial Yield and Quality of Fruits of Cucumber Plants Cultivated under Greenhouse Conditions: Response to Increases in Nitrogen Fertilization. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46: 4171-4173.
- Shen, W., X. Lin, N. Gao, H. Zhang, R. Yin, W. Shi and Z. Duan. 2008. Land use intensification affects soil microbial populations, functional diversity and related suppressiveness of cucumber Fusarium wilt in China's Yangtze River Delta. Plant Soil 306:117-127.
- Shen, W., X. Lin, W. Shi, J. Min, N. Gao, H. Zhang, R. Yin and X. He. 2010. Higher rates of nitrogen fertilization decrease soil enzyme activities, microbial functional diversity and nitrification capacity in a Chinese polytunnel greenhouse vegetable land. Plant Soil 337:137-150.
- Terraza, S. P., G. A. Baca-Castillo, J. L. Tirado-Torres, M. Villarreal-Romero, P. Sánchez-Peña y S. Hernández-Verdugo. 2009. calidad del fruto, composición y distribución de elementos minerales en pepino en respuesta a silicio y al potencial osmótico de la solución nutritiva. Terra 123-131.
- Terry, E., A. Leyva y M. Díaz. 2006. Biofertilizantes y productos bioactivos, alternativas para la asociación maíz-tomate en el período temprano de siembra. Cultivos Tropicales 27: 5-11.
- Zabihi, H. R., G. R. Savaghebi, K. Khavazi, A. Ganjali and M. Miransari. 2011. Pseudomonas bacteria and phosphorous fertilization, affecting wheat (*Triticum aestivum* L.) yield and P uptake under greenhouse and field conditions. Acta Physiol Plant 33:145-152.

EFFECTO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA SOBRE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN SUELOS DE MANGLAR EN CHACAHUA OAXACA

Reyes Ortigoza, Amada Laura¹ y Julián Morales, Juan Carlos

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Laboratorio de Edafología. E-mail: amadalaura@ciencias.unam.mx

Resumen

En dos manglares de Chacahua Oaxaca, con diferentes grados de desarrollo en cobertura vegetal se probó el efecto de la humedad (20, 40, 60, 80 y 100%) y temperatura (5, 10, 20, 30 y 40°C) sobre las actividades enzimáticas (fosfatasa ácida y alcalina, glucosidasa, catalasa, deshidrogenasa), la respiración basal y la biomasa microbiana, con el objetivo de definir la actividad de los microorganismos y ver si estas condiciones generan cambios en la conservación, sustentabilidad y productividad de los manglares. Se encontró que hubo una disminución de la actividad en fosfatasas y glucosidasa al aumentar la humedad, sin embargo no se observó algún efecto aparente de la temperatura ni diferencias entre sitios. La catalasa y deshidrogenasa mostraron comportamiento inverso incrementaron su actividad al aumentar la humedad al 100%, la catalasa fue más activa en el manglar adulto (mayor cobertura vegetal) mientras que la deshidrogenasa fue mayor en el manglar joven (menor cobertura vegetal). La respiración y biomasa microbiana también incrementaron conforme aumento el porcentaje de humedad. La respiración fue más alta a temperaturas extremas de 5, 10 y 40°C al 100% de humedad. Se concluyó que existen cambios en la actividad enzimática a humedades (100%) y temperaturas extremas (5, 10 y 40°C), lo cual es acorde a la actividad de los organismos en condiciones extremas modifican su comportamiento y mantienen su actividad metabólica a temperaturas y humedades intermedias.

Palabras clave: Manglar, actividad enzimática, rangos de humedad y temperatura.

Abstract

In two wetlands from Chacahua Oaxaca, with different vegetal cover were proved the wet effect (20, 40, 60, 80 and 100 %) and temperature (5, 10, 20, 30 and 40 °C) about the enzymatic activities (acid and alkaline phosphatase, glucosidase, catalase and dehydrogenase) the basal respiration and microbial biomass, in order to know the microbial activity and their relationship with conservation and productivity in the wetlands. When the wet increased the phosphatases and glucosidase activities decreased, however the temperature and the different sites not had effect in their activities. The catalase and dehydrogenase activities showed an inverse behavior, because high wets (100%) increased their activities. The old wetland (bigger vegetal cover) had the bigger activity of catalase and the young wetland (lesser vegetal cover) had a bigger activity in dehydrogenase. Too the respiration and microbial biomass increased with high percentage in wet. In respiration there were an increase with extreme temperatures (5, 10 and 40 °C) and wets (100%). The conclusion was that there are changes in enzymatic activity in extreme wets and temperatures; this response is accord at microbial activity because there are modifications in extreme conditions.

Key Words: Wetland, enzymatic activity, wet and temperature.

Introducción

Los manglares cubren entre 60 y 75% de las costas que se encuentran entre los trópicos de Cárter y Capricornio. En México cubren una extensión de 6,600 km², con amplia distribución en los litorales del Océano Pacífico, Golfo de Baja California, Golfo de México y Mar Caribe (Agraz *et al.*, 2008; Benítez *et al.* 2002, Quizhpe, 2008; Ezcurra y López, 2002; Flores y Gómez, 2003).

Los manglares están ampliamente reconocidos como uno de los ecosistemas más productivos de la Biosfera principalmente por su disponibilidad de nutrientes y por su participación en la regulación de microclimas y producción de oxígeno, metano y CO₂ (Agraz *et al.* 2006). Aún cuando han sido reconocidos los servicios ambientales que prestan y la biodiversidad que albergan son uno de los

ecosistemas más amenazados del mundo junto con los bosques tropicales y los arrecifes de coral (Cortés y Zamora; 2008; Aburto *et al.*, 2008). Este deterioro es debido a las actividades humanas como: la acuicultura, los asentamientos humanos, descargas de aguas urbanas y construcción de carreteras que afectan la calidad del agua y cantidad de los cuerpos adyacentes a los manglares lo que promueve un aumento en su turbidez, sedimentación y eutrofización. Por otro lado los bosques de manglar también se ven afectados por fenómenos naturales como huracanes, inundaciones, incendios, sequías y movimientos tectónicos (Agraz *et al.*, 2006).

Todas estas alteraciones promueven cambios de humedad y temperatura en los manglares, que puede modificar o limitar la actividad biológica, por lo que también cambia la descomposición de la materia orgánica, la liberación de nutrimentos y la productividad. El calor del suelo puede hacer más activos a los organismos del suelo e incrementar la descomposición de la materia orgánica. Sin embargo esta respuesta no siempre ocurre, ya que existen interacciones con la humedad, por eso nuestro objetivo de investigación fue evaluar que tanto afectan los cambios de temperatura y humedad la actividad enzimática en suelos de manglar con el fin de asociarla a los cambios metabólicos de los organismos y sus efectos en la conservación, productividad y sustentabilidad de los manglares en Chacahua, Oaxaca, México. La excreción y la actividad de enzimas extracelulares son parte crucial del metabolismo microbiano del suelo y son excelentes indicadoras de la alteración metabólica o del stress de la comunidad microbiana. (Sowerby *et al.*, 2005).

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en El Parque Nacional "Lagunas de Chacahua", ubicado en el suroeste de la República Mexicana, en el Distrito de Juquila, Oaxaca. La superficie total del municipio es de 1,249 km². Se localiza en los paralelos 15°55' y 16°17' de latitud norte; los meridianos 97°10' y 97°48' de longitud oeste; y existen altitudes entre 0 y 1,600 m.

Se seleccionaron 2 sitios con diferentes estados de conservación, el Sitio 1 corresponde a un manglar joven en el cuál la cobertura vegetal es poco desarrollada y el Sitio 2 es un manglar maduro donde la cobertura vegetal es muy abundante. La colecta se hizo en época de secas en febrero 2011. En cada sitio se tomaron 5 muestras de 0-20 cm, dentro de un cuadrante en forma de "Y". Las muestras se conservaron a 4°C de temperatura durante su transporte y antes de iniciar los análisis de actividad enzimática se mezclaron y tamizaron en húmedo con una malla de 2 mm.

Posteriormente se determinó el porcentaje de humedad de la muestra compuesta utilizando el método de Forster citado por Alef y Nannipieri, 1995. Con base en el porcentaje de humedad se prepararon las muestras de suelo adicionándoles agua destilada para alcanzar humedades de 20, 40, 60, 80 y 100% de humedad y se dejaron incubando 7 días a temperaturas de 5, 10, 20, 30 y 40°C. A las muestras mezcladas se les determinó por triplicado actividad enzimática (glucosidasa, deshidrogenasa, catalasa, fosfatasa ácida y alcalina), respiración basal y carbono de la biomasa microbiana).

La respiración basal se estimó por el CO₂ desprendido durante la incubación del suelo en un sistema cerrado, el CO₂ se atrapa en NaOH y se valora con HCl. El C de la biomasa microbiana fue evaluado en muestras de suelo fumigadas con cloroformo, valorando el CO₂ desprendido después de la fumigación.

Los métodos utilizados para glucosidasa y fosfomonoesterasa ácida y alcalina, consistieron en incubar el suelo con el sustrato p-nitrofenol. La catalasa por descomposición de agua oxigenada y valoración con permanganato y deshidrogenasa por reducción de 2,3,5 Trifenil 2H tetrazolium a trifenilformazan. (García *et al.* 2003). Con el Programa SPSS se hicieron análisis estadísticos ANOVA y la prueba de Tuckey con un nivel de P<0.05.

Resultados y Discusión

El Cuadro No. 1 muestra que las actividades de fosfatasa ácida y alcalina, así como de la glucosidasa, no mostraron diferencias entre sitios, ni entre temperaturas, sin embargo hubo una ligera disminución de la actividad conforme aumento la humedad. Mientras que la catalasa y la deshidrogenasa mostraron un

comportamiento diferente a mayor humedad hubo una mayor actividad enzimática. Solo hubo una leve diferencia entre manglares en catalasa al 100% de humedad, encontrándose valores mayores en el manglar adulto a todas las temperaturas, excepto a 20°C. Mientras que la deshidrogenasa tuvo mayor actividad en mangle joven a temperaturas de 30 y 40°C en casi todas las humedades excepto a 20% de humedad. La respiración y biomasa microbiana incrementaron conforme aumento el porcentaje de humedad, para respiración en la mayoría de las temperaturas, excepto para 20 y 30°C. Y en biomasa fue un poco irregular a 5 y 40°C en el mangle joven y 5°C en el mangle adulto.

La respiración fue más alta a temperaturas extremas de 5, 10 y 40°C al 100% de humedad. Aparentemente existen cambios en la actividad enzimática a una humedad alta y a temperaturas bajas o altas, lo cual es lógico puesto que los organismos modifican su actividad cuando estas variables son extremas, entre 20 y 30°C se da una mayor estabilidad de la actividad enzimática, así como en humedades de 20 a 60%. Lo que se explica por la tolerancia y actividad metabólica de los microorganismos a temperaturas y humedades intermedias.

Las diferencias estadísticas indicaron que todas las actividades enzimáticas y la biomasa microbiana tuvieron diferencias significativas entre 20, 40 y 60% de humedad con respecto a 80 y 100% de humedad a todas las temperaturas. En todas las enzimas no hubo diferencias significativas entre rangos de temperatura excepto para catalasa al 100% de humedad a 5, 30 y 40 °C con respecto a las temperaturas restantes y deshidrogenasa a las mismas temperaturas pero a 80% de humedad tanto en mangle joven como adulto.

Y entre manglares hubo solo diferencia en deshidrogenasa a 30 y 40 °C en todas las humedades excepto al 20% de humedad, siendo mayor la actividad en mangle joven lo que indica mayor actividad microbiana y transformaciones bioquímicas.

Las diferentes respuestas de las enzimas se explican porque la glucosidasa y la fosfatasa son extracelulares y del tipo de las hidrolasas, esto es que hacen disponible el carbono o fósforo respectivamente, por lo que al aumentar la humedad disminuye ligeramente su disponibilidad, mientras que la catalasa y la deshidrogenasa son enzimas intracelulares, la catalasa se encuentra en todas las bacterias aerobias y en las anaerobias obligadas (Trevors, 1984), se considera un exponente de la actividad microbiana (García y Hernández, 1997). La deshidrogenasa tiene un papel fundamental en las etapas iniciales de oxidación de la materia orgánica es un indicador de el sistema redox microbiano, de las actividades oxidativas del suelo y de la actividad microbiana (García et al., 2003).

Las diferentes respuestas de las enzimas se explican porque la glucosidasa y la fosfatasa son extracelulares y del tipo de las hidrolasas, esto es que hacen disponible el carbono o fósforo respectivamente, por lo que al aumentar la humedad disminuye ligeramente su disponibilidad, mientras que la catalasa y la deshidrogenasa son enzimas intracelulares, la catalasa se encuentra en todas las bacterias aerobias y en las anaerobias obligadas (Trevors, 1984), se considera un exponente de la actividad microbiana (García y Hernández, 1997). La deshidrogenasa tiene un papel fundamental en las etapas iniciales de oxidación de la materia orgánica es un indicador de el sistema redox microbiano, de las actividades oxidativas del suelo y de la actividad microbiana (García, 2003).

Cuadro 1. Actividad enzimática a diferentes temperaturas y humedades en suelos de manglar de Chacahua, Oaxaca.

		Mangle joven					Mangle adulto					
		T °C					T °C					
		5	10	20	30	40	5	10	20	30	40	
Humedad	20	0.206	0.212	0.15	0.208	0.209	0.211	0.212	0.214	0.211	0.213	β -glucosidasa
	40	0.162	0.162	0.164	0.165	0.165	0.169	0.163	0.165	0.169	0.16	
	60	0.116	0.111	0.116	0.12	0.115	0.117	0.117	0.117	1.117	0.117	
	80	0.071	0.075	0.077	0.083	0.067	0.077	0.076	0.076	0.077	0.071	
	100	0.021	0.018	0.028	0.042	0.027	0.08	0.037	0.027	0.03	0.026	
Humedad	20	0.223	0.228	0.232	0.243	0.023	0.224	0.229	0.232	0.255	0.232	Fosfatasa ácida
	40	0.172	0.18	0.176	0.178	0.179	0.173	0.174	0.17	0.201	0.181	
	60	0.131	0.122	0.134	0.133	0.123	0.133	0.125	0.128	0.14	0.129	
	80	0.077	0.082	0.079	0.095	0.074	0.079	0.081	0.077	0.09	0.078	
	100	0.022	0.019	0.031	0.047	0.029	0.032	0.04	0.031	0.047	0.027	
Humedad	20	0.219	0.232	0.247	0.218	0.243	0.25	0.251	0.258	0.255	0.236	Fosfatasa alcalina
	40	0.172	0.175	0.176	0.181	0.181	0.198	0.194	0.205	0.205	0.185	
	60	0.118	0.121	0.133	0.129	0.132	0.137	0.138	0.145	0.132	0.124	
	80	0.077	0.082	0.084	0.088	0.081	0.085	0.084	0.091	0.085	0.081	
	100	0.022	0.019	0.03	0.044	0.029	0.034	0.043	0.034	0.032	0.029	
Humedad	20	0.312	0.308	0.328	0.208	0.121	0.307	0.4	0.635	0.227	0.135	Catalasa
	40	0.242	0.411	0.576	0.202	0.116	0.276	0.371	0.273	0.234	0.104	
	60	0.393	0.483	0.918	0.266	0.43	0.534	0.438	0.692	0.468	0.377	
	80	0.588	0.334	0.119	0.446	0.497	0.973	1.188	1.804	0.654	0.569	
	100	0.778	1.01	4.477	0.544	0.547	1.86	2.372	4.198	1.44	1.127	
Humedad	20	30.51	29.625	22.387	46.016	18.074	27.649	27.506	16.575	18.526	15.89	Deshidrogenasa
	40	37.189	36.235	29.118	31.502	35.621	25.605	21.922	15.833	20.954	16.738	
	60	32.038	47.691	49.266	67.104	59.174	26.143	25.877	21.921	32.611	27.409	
	80	74.21	70.838	70.916	89.841	95.863	40.702	40.411	38.364	39.414	26.213	
	100	139.628	190.748	212.738	96.076	142.339	133.607	130.116	96.397	89.906	125.143	
Humedad	20	0.063	0.267	0.177	0.143	0.124	0.114	0.201	0.111	0.082	0.13	Respiración
	40	0.037	0.473	0.135	0.095	0.227	0.205	0.653	0.192	0.13	0.518	
	60	0.296	0.404	0.139	0.25	0.312	0.218	0.74	0.191	0.111	0.813	
	80	0.27	0.777	0.459	0.25	0.581	0.14	0.644	0.292	0.239	0.966	
	100	0.892	4.074	0.22	0.17	1.284	0.663	2.272	0.22	0.223	2.923	
Humedad	20	553.874	592.88	626.676	452.736	32.634	379.247	448.34	417.678	188.713	169.824	Biomasa Microbiana
	40	679.592	1063.16	490.577	551.029	546.42	675.455	1470.712	1243.026	721.242	769.591	
	60	488.53	1007.161	1184.132	677.006	175.476	114.358	1660.556	912.388	1035.861	1250.753	
	80	723.929	1895.834	1692.107	1139.132	371.436	2356.648	1583.995	1255.012	1116.661	2126.219	
	100	828.842	9532.656	5751.544	3087.033	3216.291	5080.76	5519.825	2958.194	2316.382	2950.995	

Nota: Fosfatasa y glucosidasa están en (μg de PNF o PNG g^{-1} suelo h^{-1}), deshidrogenasa (μg TPP g^{-1} suelo h^{-1}), Respiración basal (mg de CO_2 kg^{-1} d^{-1}), Biomasa (μg C g^{-1} soil), catalasa mmoles de H_2O_2 consumida g^{-1} suelo h^{-1} .

Por tanto la catalasa y deshidrogenasa están corroborando que el aumento de humedad modifica las relaciones de oxido-reducción, que existe presencia de bacterias anaerobias facultativas y que la degradación de la materia orgánica se está modificando.

El aumento de la respiración y el carbono de la biomasa microbiana a mayor humedad implica alteraciones de la actividad microbiana. El cambio de respuestas en la actividad enzimática de los manglares de Chacahua Oaxaca indica aparentemente que los manglares mantienen una actividad microbiana estable a temperaturas entre 20 y 30°C y humedades entre 20 y 60%, por tanto podría decirse que los manglares se conservan de forma más sustentable y productiva bajo estas condiciones.

Conclusiones

En suelos de Manglar de Chacahua Oaxaca las actividades enzimáticas (fosfatasa, glucosidasa, deshidrogenasa y catalasa) así como microbianas (respiración y biomasa microbiana) se modifican más con la humedad que con la temperatura. La actividad enzimática de catalasa y dehidrogenasa aumenta y parece mostrar una interacción a humedades y temperaturas bajas extremas. Al aumentar la humedad las enzimas extracelulares (fosfatasa y glucosidasa) disminuyen ligeramente su actividad y las enzimas intracelulares (catalasa y deshidrogenasa), la respiración y el carbono de la biomasa microbiana incrementan.

Literatura Citada

- Aburto, O.O., Danemann, G., Ezcurra, E., Murray, J., Sala, E. y Valdez, V. 2008. Los manglares del Golfo de California incrementa la producción pesquera. 1-16 pp.
- Agraz, H. C. y Flores, V.F.J. 2008. Ecosistemas acuáticos costeros: importancia, retos y prioridades para su conservación. *Conservación y restauración*. 147-167.
- Alef, K., Nannipieri, P. 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. New York, 576. p
- Benítez, P. D., Flores, V. F. y Valdez, H.J.I. 2002. Reproducción vegetativa de dos especies arbóreas en un manglar de la costa norte del Pacífico mexicano. *Madera y bosques*. Vol. 8(2):57-71.
- Cortés, J. Zamora, T.P. 2008. Los manglares de Costa Rica: el Pacífico norte. *Revista Biológica Tropical* Vol. 57(3):473-488.
- García, I., Gil, S.F., Hernández, F.T., Trasar, C.C. 2003. Técnicas de análisis de parámetros bioquímicos en suelos: Medidas de actividades enzimáticas y biomasa microbiana. Mundi Prensa, Madrid, España.
- García, C., Hernández, T. 1997. Biological and biochemical indicators in derelict soils subject to erosion. *Soil Biology & Biochemistry* 29, 171-177.
- Ezcurra, E. y López, P. J. 2002. Los manglares de México: una revisión. *Madera y bosques*. Vol. 8(1):27-51.
- Flores, R.R. Gómez. L. 2003. El fascinante mundo del manglar. *Conservación de los ecosistemas costeros críticos en México*. Programa de manejo integrado de recursos costeros; Secretaría de Marina Armada de México. 40 p.
- Quizhpe, C. P. 2008. Áreas de ecosistemas de manglar concesionadas en la provincia de El Oro. *Desarrollo local sostenible*. Vol. 1(2) 1-14 pp.
- Sowerby, A., Emmet, B., Beier, C., Tietema, A., Peñuelas, J., Estiarte, M., Maartje, J., Meteren, V., Hughe, S., Fremar, Ch. 2005. Microbial community changes in heathland soil communities along a geographical gradient interaction with climate change manipulations. *Soil Biology & Biochemistry* 37:1805-1813.
- Trevors, J.T. 1984. Rapid gas chromatographic method to measure H₂O₂ oxidoreductase (catalase) activity in soil. *Soil Biology & Biochemistry* 16, 525-526.

SUELO Y BIOMASA ARBÓREA COMO RESERVORIOS DE CARBONO EN BOSQUES DE MANGLAR DE LA PENÍNSULA DE ATASTA, CAMPECHE: USO DE ECUACIONES ALOMÉTRICAS

Cerón-Bretón¹, Rosa María, Julia Griselda Cerón-Bretón¹, Diana Lizett Damián-Hernández¹, Reyna Cristina Sánchez-Junco¹ y Jesús Jaime Guerra-Santos².

¹Universidad Autónoma del Carmen. Dependencia Académica de Ciencias Químicas y Petroleras. Facultad de Química. Calle 56 Numero 4 por Ave. Concordia. C.P. 24180. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

²Universidad Autónoma del Carmen. Dependencia Académica de Ciencias Naturales y Exactas. Jardín Botánico. Avenida Abelardo Carrillo Zavala s/n. Col. Renovación, 2^{da} Sección. C.P. 24180. Ciudad del Carmen, Campeche, México.

Autor Responsable: rceron@pampano.unacar.mx

Resumen

El presente artículo reporta los resultados del contenido de carbono almacenado en el suelo y la biomasa total en bosques de manglar con vegetación dominante de *Rizophora mangle* (Rm), *Avicennia germinans* (Ag), *Laguncularia racemosa* (Lr) y *Conocarpus erectus* (Ce) en tres sitios localizados en la Península de Atasta, Campeche, México. Las muestras fueron tomadas durante los años 2009 y 2010 en época de secas. Para la determinación de la biomasa arbórea (AGB) se utilizaron ecuaciones alométricas. Los mayores valores de AGB fueron encontrados para Ce ($253.18 \pm 32.17 \text{ t ha}^{-1}$) y los menores valores fueron encontrados para Ag ($161.93 \pm 12.63 \text{ t ha}^{-1}$). El carbón almacenado en el suelo en los tres sitios se registró en un rango de 36.80 ± 10.27 a $235.77 \pm 66.11 \text{ t C ha}^{-1}$. Los resultados obtenidos muestran que todos los sitios tienen buen potencial de almacenar carbón durante largos periodos de tiempo.

Palabras clave: Biomasa arbórea, ecuaciones alométricas, manglar, almacén de carbono, Campeche.

Summary

This paper reports the results of carbon stored in soil and aboveground biomass of mangrove forests with dominant vegetation of *Rizophora mangle* (Rm), *Avicennia germinans* (Ag), *Laguncularia racemosa* (Lr) and *Conocarpus erectus* (Ce) in three sites located in the Atasta Peninsula, Campeche, Mexico. Samples were taken in 2009 and 2010 during the dry season. To determine tree biomass (AGB) were used allometric equations. Greater values of AGB were found for Ce ($253.18 \pm 32.17 \text{ t ha}^{-1}$) and lower values were found for Ag (161.93 ± 12.63). Carbon stored in soil at the three sites was registered in a range of 36.80 ± 10.27 to $235.77 \pm 66.11 \text{ t C ha}^{-1}$. These results show that all sites have good potential to store carbon for long periods of time.

Index Words: Above-ground biomass, allometric equations, mangrove forest, carbon pool, Campeche.

Introducción

El calentamiento global es un fenómeno que se origina por un aumento en la temperatura media global de la atmósfera terrestre y de los océanos debido a que diversas actividades humanas, tales como el uso de combustibles fósiles para la producción de energía y los procesos derivados del cambio de uso de suelo han intensificado la acumulación de los gases de efecto invernadero (GEI). El principal GEI, el dióxido de carbono (CO_2) se agrega a la atmósfera tanto de modo natural como antropogénico y es de los más importantes por las grandes cantidades en las que se emite y porque contribuye en un 55% al calentamiento global (IPCC; 2001). La concentración de CO_2 de la atmósfera ha aumentado de 280 ppm en 1750 a 367 ppm en 1999 (31%); el aumento observado en CO_2 se debe predominantemente a la oxidación de carbono orgánico por la quema de combustible de origen fósil y la deforestación.

Para proponer estrategias viables dirigidas a la mitigación del cambio climático, es imprescindible, por un lado, conocer la dinámica del Carbono (C) en los ecosistemas forestales y, por otra, las modificaciones a

los flujos de C derivados de los patrones de cambio de uso de suelo. Un primer paso indispensable para lograr este objetivo, es contar con la información básica de los contenidos de carbono en los diferentes almacenes de un ecosistema dado (Ordóñez, 1998).

Los principales almacenes de C en los ecosistemas forestales son el suelo, la vegetación y el humus, esto se debe a que la vegetación tiene la capacidad de asimilar el carbono e incorporarlo a su estructura, es decir, lo fija y lo mantiene almacenado por largos periodos de tiempo, a través de la fotosíntesis. Es por esta razón que los bosques son importantes sumideros de carbono (Ordóñez y Maser, 2001). Los componentes de la copa de los árboles aportan materia orgánica al suelo, misma que al degradarse se incorpora paulatinamente y da origen al humus estable que, a su vez, aporta nuevamente CO₂ al entorno (Ordóñez, 1998) esto hace que el suelo tenga una gran capacidad de "secuestrar" C (Johnson, 1992), y que puede acumularlo por miles de años (Schlesinger, 1990).

Los humedales son conocidos por ser un importante sumidero de carbono a pesar de ocupar tan solo alrededor del 5% de la superficie del planeta, contienen gran parte del reservorio de carbono almacenado en el mundo. Además, debido a las extremas condiciones donde se desarrollan (suelo fangoso e inundaciones mareales periódicas) los ha obligado a realizar curiosas adaptaciones que los hace poseer una distribución de biomasa singular, destinando una gran cantidad a sus raíces (Komiyama *et al.* 2008). Los suelos ubicados en humedales, almacenan por largo periodo de tiempo el C debido al elevado nivel freático, alta productividad y baja descomposición por la lenta difusión del oxígeno (Whiting and Chanton, 2001).

Los estudios de campo para la determinación de biomasa y productividad en bosques de manglar son difíciles debido a las condiciones fangosas del suelo. Existen 3 métodos de uso común que han sido desarrollados para la estimación de biomasa en bosques: 1) el método destructivo, 2) el método del árbol promedio y el método alométrico. En bosques con individuos maduros, éstos pueden alcanzar hasta varias toneladas de peso (Komiyama, 2005), por lo que la aplicación del método destructivo no es práctica en estos casos y es difícil de reproducir los resultados, ya que todos los árboles tienen que ser destruidos. El método del árbol promedio usualmente sólo se aplica en bosques con una distribución homogénea de tamaños en los árboles, tal es el caso de plantaciones. El método alométrico por otro lado, permite estimar el peso parcial o total de un árbol a partir de dimensiones medibles tales como el diámetro del tronco y la altura del individuo, usando ecuaciones alométricas. En el presente estudio se decidió utilizar este método ya que tiene la ventaja de que no es un método destructivo y es por tanto útil para la estimación de cambios temporales en la biomasa de bosques por medio de mediciones subsecuentes. Puesto que el diámetro del árbol es fácil de medir y el peso del árbol es mucho más difícil de determinar, este método constituye una alternativa relativamente fácil de estimar la biomasa en bosques.

El estado de Campeche está considerado como el primero a nivel nacional de acuerdo a su superficie protegida, las mayores extensiones de cobertura de manglar se localizan en el área de protección de flora y fauna —Laguna de términos— con una cobertura de manglar de 259 000 ha, por ello, se considera la más importante en cobertura de humedales en la zona costera del Golfo de México. A esta área pertenece la península de Atasta (INE, 1997), en donde las diferentes actividades económicas desarrolladas, tales como la agricultura, acuacultura, la industria petrolera y el crecimiento demográfico, son las principales amenazas para estos bosques de manglar.

Por lo anterior, tomando en cuenta la importancia ecológica y económica de los bosques de manglar localizados en la región de estudio, en este trabajo se reportan resultados del carbono almacenado en el suelo y la biomasa arbórea estimada a partir de ecuaciones alométricas en un bosque de manglar localizado en la Península de Atasta en Campeche, México.

Materiales y Métodos

Descripción del sitio

El área de estudio se localiza al noroeste del estado de Campeche (Figura.1), forma parte del municipio del Carmen, la geomorfología de la zona está conformada por pantanos y zonas inundables con una altitud entre 0 y 20 msnm. Los suelos de la región se caracterizan por ser muy arcillosos con alta fertilidad y se encuentran asociados a una vegetación predominante de *Rizophora mangle* (Rm), *Avicennia germinas* (Ag), *Laguncularia racemosa* (Lr) y *Conocarpus erectus* (Ce) (INE, 1997).

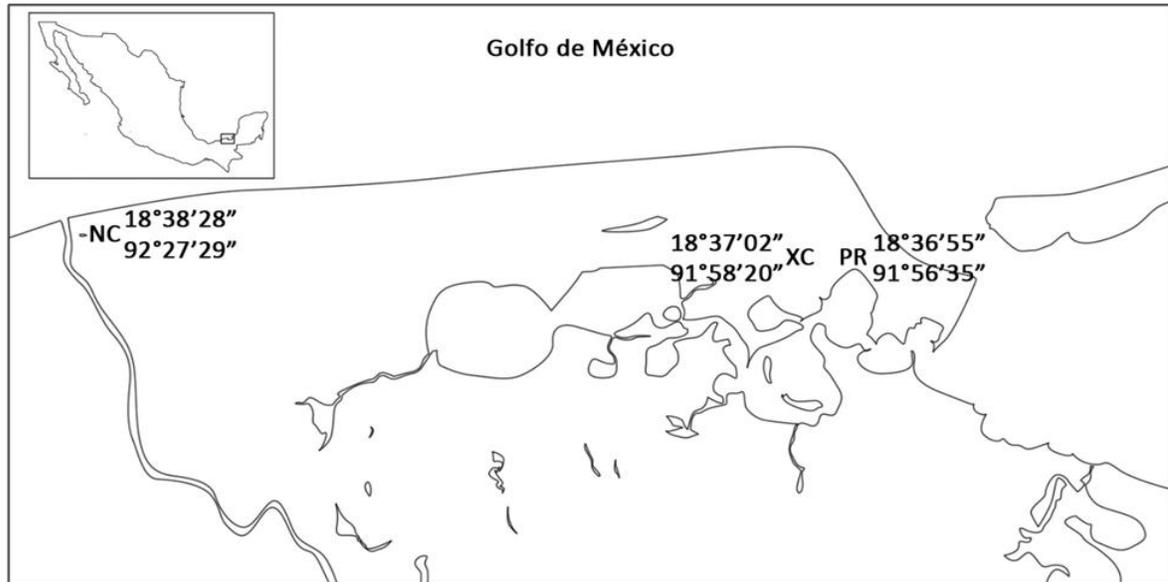


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo (NC: Nuevo Campechito, PR: Puerto Rico y XC: Xicalango).

El Régimen climático de la zona presenta tres épocas bien definidas: secas (de febrero a mayo), lluvias (de junio a octubre) y —ntes” (de noviembre a febrero). Las estaciones seleccionadas fueron las siguientes:

- Puerto Rico (PR) ubicado a $18^{\circ} 36' 55''$ N y $91^{\circ} 56' 35''$ W, con una altitud de 11 msnm. La clasificación del manglar presente corresponde al tipo cuenca (Lugo and Snedaker, 1974), las parcelas se ubican tierra adentro, tienen una pendiente de terreno mínima y una renovación de agua muy lenta, las aguas de inundación se acumulan en las depresiones del terreno; además, por sus condiciones, estos sitios corresponden a un ciclo de materia orgánica y nutrientes de un ecosistema cerrado (Twilley *et al.* 1986); en este sitio se registro presencia de Ag, Lr y Rm.
- Xicalango (XC): localizado $18^{\circ} 37' 02''$ N y $91^{\circ} 58' 20''$ W, con una altitud de 12 msnm. El bosque de manglar asentado en este sitio corresponde a un manglar achaparrado mixto (Rico-Gray, 1982). En este sitio encontramos una mezcla de especies de mangle como Ag, Lr y Ce, las parcelas se ubicaron tierra adentro cerca de un arroyo que conecta con el sistema lagunar Pom-Atasta. El suelo donde se establece este manglar es pardo amarillento y presenta gran actividad de hongos acuáticos y bacterias, con una baja concentración de salinidad. Es una comunidad vegetal muy densa, cuya altura de los individuos oscilo entre 3 y 6 m aproximadamente y sus raíces aéreas expuestas complicaron el acceso a esta comunidad vegetal.
- Nuevo Campechito (NC) ubicado a $18^{\circ} 38' 28''$ N y $92^{\circ} 27' 29''$ W, con una altitud de 1 msnm. Al igual que PR, el bosque de manglar cae dentro del tipo de cuenca (Lugo and Snedaker, 1974), ya que se desarrollo en una llanura costera y con pobre drenaje, las parcelas seleccionadas se encontraron bordeadas por dos pequeñas lagunas, las principales especies de manglar encontradas fueron Ar, Lr y Ce.

Cuadro 2. Descripción de los sitios de estudio: Especies de manglar presentes, Coordenadas geográficas, Máximo diámetro a 1.30 m (Max. DBH), Precipitación anual, Duración de la temporada de "secas" y tipo de bosque. En donde: Rm (*Rizophora mangle*), Ag (*Avicennia germinans*), Lr (*Laguncularia racemosa*) y Ce (*Conocarpus erectus*).

	Sitio de Estudio		
	Puerto Rico	Xicalango	Nuevo Campechito
Especie	Rm, Lr, Ag	Lr, Ag, Ce	Rm, Lr, Ag, Ce
Coordenadas geográficas	18° 36' 55" N, 91° 56' 35" W	18° 37' 02" N, 91° 58' 20" W	18° 38' 28" N, 92° 27' 29" W
Max.dbh (cm)	49.8	2.93	7.80
Precipitación (mm/año)	1680	1680	1680
Duración de la temporada de "secas" (meses)	4	4	4
Tipo de bosque	Manglar húmedo	Manglar húmedo	Manglar húmedo

Método de muestro e Inventario forestal

Las muestras de suelo fueron colectadas en los tres sitios antes descritos localizados en áreas de bosque de manglar de la península de Atasta. La colecta de muestras se realizó durante la temporada de secas en los años 2009 y 2010. Cada sitio fue seleccionado de forma selectiva, buscando representatividad en la región, considerando factores tales como vegetación, accesibilidad e hidrología. En cada sitio de muestreo se eligieron parcelas de 18 m², para PR, XC y NC, se tomaron 6, 3 y 3 parcelas, respectivamente. En cada una de las parcelas se colectaron 3 muestras distribuidas en forma de transecto, tomadas a 0.30 m de profundidad por medio de un núcleador de 193.3 cm³, todo esto con el fin de incluir una variación de materia orgánica por sitio (Bernal, 2008). Después de la extracción, cada muestra fue etiquetada, sellada y enviada al laboratorio para su posterior análisis.

El inventario forestal se llevó a cabo en 12 parcelas de 200 m² en forma rectangular distribuidas en los tres sitios de muestreo. Se registraron los datos de diámetro a 1.30 m (DBH) para todas las especies, en el caso del Rm la DBH fue medida a 1.30 m por encima de las raíces adventicias; en total se tomaron datos de 321 árboles. Información más detallada de los sitios se describe en el Cuadro 1. Los bosques de manglar estudiados se encuentran clasificados como manglares húmedos, en éstos la evapotranspiración excede la precipitación durante varios meses (clima tropical), con una marcada estación seca con una duración aproximada de 4 meses y una precipitación en un rango de 1,500-3,500 mm año⁻¹ (Chave *et al.* 2005).

Procedimiento analítico

En el laboratorio las muestras fueron despojadas de conchas, restos de material orgánico (raíces, hojas y ramas), posteriormente secadas al aire y pasadas a través de un tamiz de 2 mm.

Para la cuantificación de Carbón orgánico (CO) se utilizó el método de pérdida por ignición, el cual consiste en la determinación de la materia orgánica por calentamiento a 550 °C durante 4 h (Heiri *et al.* 2001) y convertida a CO por multiplicación con 0.4 (Craft, *et al.* 1991).

Para determinar la densidad aparente (Da) se utilizó la técnica de la probeta. Que consiste en pasar la muestra seca por un tamiz de 2 mm, pesar la probeta de plástico de 50 mL y añadirle entre 20 y 50 g de suelo tamizado, posteriormente se coloca sobre una superficie firme y se le dan 30 golpes/s con un mazo de hule en una trayectoria vertical de 0.20 a 0.30 m. Finalmente se registran el volumen que ocupa la muestra y su peso.

Cuadro 2. Ecuaciones alométricas para estimar la biomasa arbórea (AGB en kg) para bosques de manglar con DBH= Diámetro a 1.30 m, p = densidad de la madera ($t\ m^{-3}$). La densidad para *Avicennia germinans*= 900, *Laguncularia racemosa*= 762, *Rhizophora mangle*=1000 y *Xylocarpus granatum*= 700.

Ecuación	Especie	Área	Fuente
$AGB=0.140DBH^{2.40}$	<i>Avicennia germinans</i>	Guyana Francesa	Fromard <i>et al.</i> (1998)
$AGB=0.140DBH^{2.54}$	<i>Avicennia germinans</i>	Guadalupe, Antillas francesas	Imbert and Rollet (1989)
$AGB=0.102DBH^{2.50}$	<i>Laguncularia racemosa</i>	Guyana Francesa	Fromard <i>et al.</i> (1998)
$AGB=0.209DBH^{2.24}$	<i>Laguncularia racemosa</i>	Guadalupe, Antillas francesas	Imbert and Rollet (1989)
$AGB=0.178DBH^{2.47}$	<i>Rhizophora mangle</i>	Guadalupe, Antillas francesas	Imbert and Rollet (1989)
$AGB=0.0823DBH^{2.59}$	<i>Xylocarpus granatum</i>	Oeste de Australia	Clough and Scott (1989)
$AGB=0.251pDBH^{2.46}$	Común	Bosques Tropicales en América, Asia y Oceanía	Komiyama <i>et al.</i> (2005)
$AGB= p (\exp(-1.349+1.980 \ln(DBH) + 0.207(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(DBH))^3))$	Común	Bosques en el sureste de Asia	Chave <i>et al.</i> (2005)

La determinación de Carbono almacenado (CA) se llevó a cabo por la siguiente fórmula: $C= CO\% \times Da \times Pr$, donde: C= carbono almacenado, CO% = porcentaje de carbono en el suelo, Da= densidad aparente ($t\ m^{-3}$) y Pr= es la profundidad (m) (González *et al.* 2008).

La determinación de la conductividad eléctrica (CE) se midió a través de un conductímetro CL 35 en un extracto en suspensión 1:5 de suelo: agua (NOM-021-RECNAT-2001).

El desarrollo estadístico compara y relaciona los análisis estadísticos para el almacenamiento de carbono por compartimiento y para los datos de CE. Los valores promedios fueron obtenidos para las diferentes determinaciones. Las hipótesis establecidas fueron evaluadas por el método de ANOVA de una vía para determinar diferencias significativas entre estación de muestreo y parcelas. La evaluación fue llevada a cabo por pruebas de normalización y homogeneidad de varianzas ($p < 0.05$) por el método de Tukey, usando el software Statistica versión 7.

Se hallaron varios modelos alométricos para estimación de la biomasa arbórea (AGB) (Cuadro 2), estos modelos están fundamentados en muestreos destructivos para diferentes bosques de manglar alrededor del mundo, el modelo utilizado en este estudio está basado en muestras de diferentes bosques tropicales que abarcan un total de 2,410 árboles que comprenden 27 sitios de estudios distribuidos en los trópicos (Chave *et al.* 2005):

$$AGB= p (\exp(-1.349+1.980 \ln(DBH) + 0.207(\ln(D))^2 - 0.0281(\ln(DBH))^3))$$

En la que la p es la densidad de la madera y DBH es el diámetro de los tallos a la altura del pecho. Este modelo asume una relación fija entre el diámetro y la altura, el cual es útil porque la altura medida de los árboles individuales fue un dato carente en nuestro inventario forestal. La densidad de la madera fue extraída de la base de datos de Global Wood Density (Zanne *et al.* 2009;). Para las especies que no se incluyen en la base de datos se consideró la densidad de la madera para algún miembro de la misma familia. El contenido de carbono de la biomasa fue evaluado en 50% de peso seco de biomasa (Basuki *et al.* 2009).

Resultados y discusión

Las especies de manglar encontradas en las parcelas de los sitios de estudios fueron: Ag, Lr, Rm y Ce. Cabe mencionar que NC resultó ser el sitio que presentó las cuatro especies.

En PR, Ag, tuvo el máximo valor de importancia y Lr el valor mínimo, se encontraron resultados similares de valor de importancia para Ag en un estudio realizado en bosques de manglar de tipo ribereño en la Laguna de Términos (Day *et al.*, 1987), contrario a PR, en NC la Lr obtuvo el máximo valor e incluso Ag correspondió al mínimo valor de importancia (Cuadro 3). Puerto Rico resultó ser el sitio con menor densidad de árboles, sin embargo, se encontraron los árboles con mayor diámetro y área basal, XC resultó ser el sitio con los valores mínimos de diámetro y área basal, mientras que, NC el sitio con mayor densidad de árboles. Cabe señalar que en XC las tres especies presentes (Ag, Lr y Ce) tienen el mismo valor de importancia.

La Figura 2 describe el AGB por especie. El promedio mayor fue encontrado en Ce ($253.18 \pm 32.17 \text{ t ha}^{-1}$) y el menor en Ag (161.93 ± 12.63), las especies con biomasa arbórea intermedias fueron Rm $181.70 \pm 16.58 \text{ t ha}^{-1}$ y Lr ($206.07 \pm 19.12 \text{ t ha}^{-1}$).

Cuadro 3. Composición de árboles en bosques de manglar de Puerto Rico, Nuevo Campechito y Xicalango (árboles > 1 cm DBH).

	Densidad (tronco ha^{-1})	Frecuencia ¹	Diámetro promedio (cm)	Área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$)	Valor de importancia ²
Puerto Rico					
<i>Avicennia germinans</i>	9050	78.06	11.09	13.31	78.06
<i>Laguncularia racemosa</i>	1100	9.71	9.74	3.69	9.71
<i>Rhizophora mangle</i>	1400	12.23	11.33	1.77	12.23
Total	11550			18.77	100
Nuevo Campechito					
<i>Avicennia germinans</i>	2780	7.42	6.46	3.47	7.42
<i>Laguncularia racemosa</i>	12220	33.83	2.49	2.37	33.83
<i>Rhizophora mangle</i>	7780	25.42	2.2	1.96	25.42
<i>Conocarpus erectus</i>	10000	33.33	1.28	1.30	33.33
Total	32780			9.10	100
Xicalango					
<i>Avicennia germinans</i>	6667	33.33	1.64	1.41	33.33
<i>Laguncularia racemosa</i>	13889	33.33	1.14	1.42	33.33
<i>Conocarpus erectus</i>	3333	33.33	1.19	0.37	33.33
Total	23889			3.2	100

¹Porcentaje del número total de árboles.

²Valor de importancia es la suma de la frecuencia relativa, densidad relativa y dominancia relativa dividida en 3.

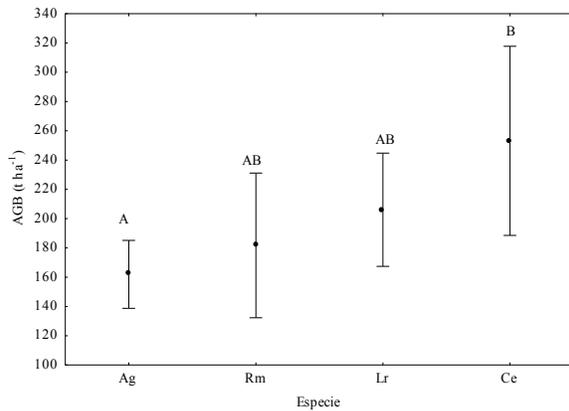


Figura 2. Valores medios del contenido de biomasa arbórea (AGB/ t ha⁻¹) de las cuatro especies (Ag=*Avicennia germinans*, Rm=*Rhizophora mangle*, Lr= *Laguncularia racemosa* y Ce= *Conocarpus erectus*). Las letras indican diferencias significativas p<0.05

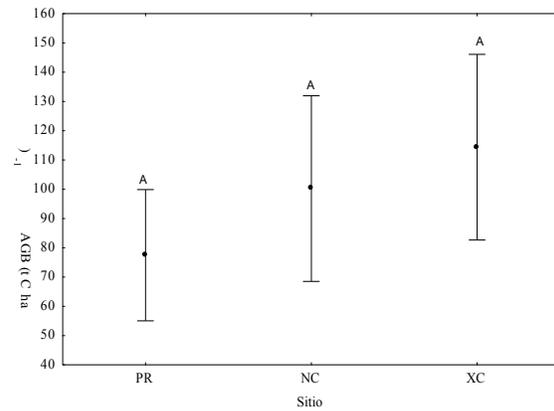


Figura 3. Valores medios del contenido de carbono en la biomasa arbórea (AGB, t C ha⁻¹) en los diferentes sitios de muestreo. Las letras indican diferencias significativas p<0.05.

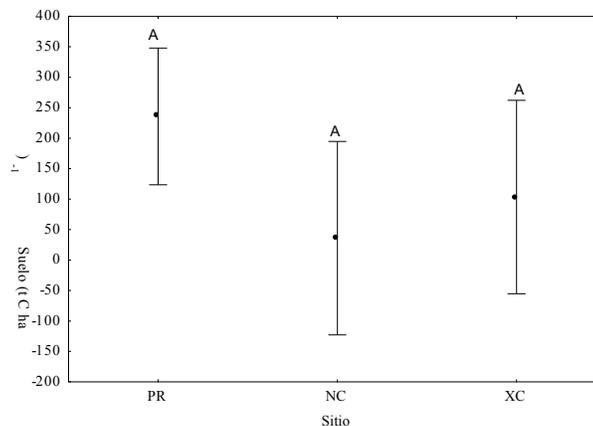


Figura 4. Valores medios del contenido de carbono en el suelo (t C ha⁻¹) en los diferentes sitios de muestreo. Las letras indican diferencias significativas p<0.05.

Se hallaron valores similares para biomasa arbórea (AGB) en un bosque de *Avicennia* (193 t ha⁻¹) en Sri Lanka (Amarasinghe and Balasubramaniam, 1992) y valores menores (35.1 t ha⁻¹) en la Guyana Francesa, en el mismo estudio se encontraron datos semejantes para la *Laguncularia* asociada con *Avicennia* (188.6 t ha⁻¹) (Fromard *et al.* 1998), en la India se hallaron valores un tanto semejantes para *Rhizophora* (214 t ha⁻¹) (Mall *et al.* 1991).

La prueba de Tukey demostró que hay diferencias significativas entre Ag y Ce (ANOVA; p<0.05), los árboles de Ce evaluados tuvieron un AGB mayor comparado con las otras especies, además los árboles de Ag presentaron un AGB relativamente menor, debido a que se desarrollan en ambientes hiper salinos lo que disminuye su desarrollo (Komiyama *et al.*, 2005), mientras que Ce al encontrarse en zonas más altas, sus suelos poseen mejores condiciones para obtener los nutrientes. AGB tiende a ser relativamente bajo en zonas cercanas al mar y se incrementan conforme la ubicación del bosque se acerca más tierra adentro. En el caso de Ag, usualmente estos individuos se encuentran sobre sedimentos depositados recientemente,

sin embargo, además de este factor existen otros tales como las propiedades del suelo y el estatus nutricional que pueden afectar la tasa de crecimiento en biomasa de manglar (Komiyama *et al.*, 2005). La prueba de Tukey no evidenció una gran variación en el carbón almacenado por sitio tanto en la AGB (Figura 3) y suelo (Figura 4), sin embargo, para el carbón en la biomasa arbórea, XC presentó el máximo valor ($114.37 \pm 12.74 \text{ t ha}^{-1}$), mientras que el valor mínimo lo obtuvo PR ($77.46 \pm 9.17 \text{ t ha}^{-1}$), en este caso, los árboles inventariados presentaron tallas diamétricas similares, la mayor densidad de Ce fue encontrada en XC, lo que explica el incremento encontrado.

En el caso del suelo, el carbón almacenado en los tres sitios se encontró dentro de un rango de 36.80 ± 10.27 a $235.77 \pm 66.11 \text{ t C ha}^{-1}$ mostrando un rendimiento superior a lo reportado por otros autores (Arreaga, 2002; Webb, 2002), el máximo valor se encontró en PR ($235 \pm 66.11 \text{ t ha}^{-1}$) y el valor mínimo en NC (36.00 ± 10.27). Conjuntamente, PR presentó la mayor densidad de Ag, una especie que se asienta en suelos que presenta elevada acumulación de materia orgánica debido a las bajas tasas de descomposición en sus suelos por estar continuamente inundados y presentar concentraciones elevadas de sales que también inhiben la descomposición, esto explicaría su contenido tan alto de carbono en el suelo y además su bajo desarrollo forestal.

El carbón almacenado en AGB (Cuadro 4) difiere significativamente entre unidades forestales ($p < 0.05$), alcanzando en promedio $174.08 \pm 8.86 \text{ t C ha}^{-1}$ en bosques de manglar, en P4, P9 y P10 fue significativamente alta comparada a las otras unidades. P9, y P10 son dominadas por Ce y Lr, respectivamente, mientras que P4 posee una asociación de Ag con Rm, que es conocida por una abundancia alta de árboles relativamente grandes en esta comunidad en específico. P1, P2 y P5 no son significativamente diferentes entre sí, pero mostraron diferencias significativas con P4, P9 y P10; se observaron los valores más bajos en P1, P2 y P5, las tres dominadas por Ag, además estas parcelas fueron las más perturbadas. Mientras que P3, P6, P7, P8, P11 y P12, no mostraron diferencias significativas entre sí. Los resultados de P4 fueron más altos que los reportados en bosques con asociación de *Rhizophora* y *Avicennia* (143.3 y $122.2 \text{ t C ha}^{-1}$) en la Guyana Francesa (Fromand *et al.* 1998); el contenido de carbono en el biomasa aérea sigue la misma tendencia que la AGB. Las parcelas P3, P4, P5 y P6 exhiben los valores más altos de carbono almacenado en el suelo en un rango de 202.89 ± 49.58 a $480.26 \pm 30.34 \text{ t C ha}^{-1}$, sin embargo, P3 y P4 muestran diferencias significativas ($p < 0.05$) con P5 y P6. Este comportamiento puede estar dado debido a la alta productividad de las especies asociadas a estos suelos que como producto de la defoliación, incorporan elevados contenidos de materia orgánica a los suelos, aunado a las condiciones de anegamiento que prevalecen en los sitios de estudio, provocando el almacén de grandes cantidades de carbono. Las unidades restantes dieron un promedio de carbono en suelo de 19.53 ± 13.18 a $119.50 \pm 20.40 \text{ t C ha}^{-1}$. Podemos inferir que las condiciones topográficas e hidrológicas son las causantes de estos valores.

En la Figura 5, podemos observar con mayor claridad las diferencias entre los contenidos de carbono por almacén, podemos deducir que por lo general, en los bosques de manglar, el mayor reservorio de carbono está contenido en sus suelos, sin embargo, esto se ve influenciado por sus condiciones topográficas e hidrológicas, por ejemplo, los suelos con un mayor anegamiento (P3, P4, P5, P6) presentaron los mayores almacenes de carbono, en comparación a los más secos (P8 y P9); a pesar de tener valores bajos de contenido de carbono en AGB, las parcelas P3 y P4, mostraron los mayores contenidos de carbono total, mientras que los más bajos en P1 y P8. Lo anterior indica que con tan solo conocer el carbón almacenado en algunos de los reservorios, no es suficiente para hacer una estimación cercana del carbono almacenado en el ecosistema de manglar.

Cuadro 4. Promedio de la biomasa arbórea (AGB), contenido de carbón en AGB y suelo de los bosques de manglar de la Península de Atasta.

Sitio	Parcela	AGB (t ha ⁻¹ , prom±ES)*	AGB (t C ha ⁻¹ , prom±ES)	Suelo (t C ha ⁻¹ prom.±ES)
PR	P1	116.45±7.22	58.22±3.61	64.18±10.52
PR	P2	145.46±14.68	72.73±7.34	73.46±7.89
PR	P3	165.29±46.10	82.65±23.05	480.26±30.34
PR	P4	236.90±47.76	118.45±23.88	356.02±77.30
PR	P5	113.80±6.69	56.90±3.34	202.89±49.58
PR	P6	151.67±15.36	75.84±7.68	237.82±10.49
NC	P7	169.56±45.58	84.78 ±22.79	54.85±17.52
NC	P8	162.03±21.29	81.01±10.64	33.61±5.60
NC	P9	269.80±41.79	134.90±20.90	19.53±13.18
XC	P10	279.72±29.00	139.86±14.50	116.88±26.16
XC	P11	203.24±23.75	101.62±11.88	74.10±4.16
XC	P12	203.25±27.60	101.63±13.80	119.50±20.40
Promedio		174.08±8.86	87.04±4.43	152.76±24.16

ES= Error estándar

*ecuación alométrica basada en Chave *et al.*, 2005.

Para hacer correctas inferencias acerca de los cambios a largo plazo en la biomasa arbórea almacenada, es indispensable conocer la incertidumbre de las estimaciones de AGB, puede observarse en la Figura 6 que existen altas variaciones en AGB cuando se comparan diferentes modelos alométricos. Esto indica la urgente necesidad de desarrollar modelos alométricos específicos para bosques de manglar. Ninguno de los modelos utilizados fue desarrollado para la zona, así su aplicabilidad para este sitio queda por demostrarse, especialmente cuando consideramos que la estructura de los árboles probablemente se encuentra influenciada por el ambiente físico donde se desarrollan. Por ejemplo, para muchas de las especies del bosque de manglar, es esencial hacer frente a las inundaciones regulares para sostener su crecimiento y supervivencia (Komiya *et al.*, 2008).

Las especies de manglar han desarrollado órganos específicos para hacer frente a las inundaciones regulares, tales como raíces aéreas y neumatóforos, por lo tanto, es necesaria la realización de ecuaciones alométricas que contemplen estas condiciones.

Todos los sitios mostraron altos valores de CE con 2.93 ± 0.35 , 5.18 ± 0.26 y 17.78 ± 1.77 dS m⁻¹ para NC, XC y PR, respectivamente (Figura 7). Los valores de CE son indicadores de la salinidad. Por lo tanto, indican una alta salinidad para PR y moderada para XC y NC, la alta salinidad en PR es probablemente atribuida a su baja permeabilidad en el suelo, que propicia la acumulación de agua aumentando las concentraciones de Na y contribuyendo a una baja actividad de la microbiota. Cabe mencionar que Ag es la especie que soporta las mayores concentraciones de salinidad, razón por la cual resulta ser la especie más abundante en este sitio.

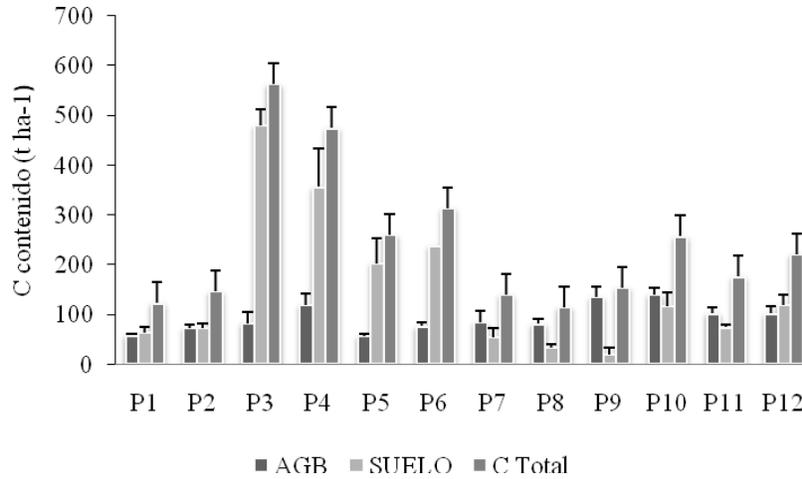


Figura 5. Contenido de carbono en suelo y biomasa arbórea (AGB) en las diferentes parcelas para el bosque de manglar bajo estudio. Las barras de error indican el error estándar.

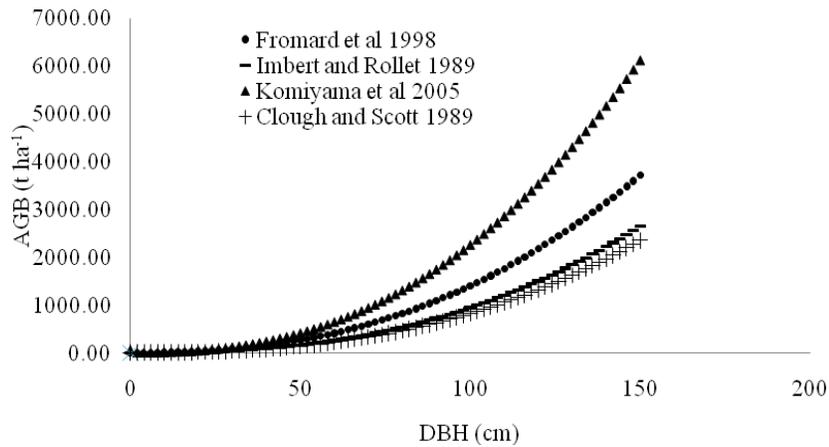


Figura 6. Estimación de la biomasa arbórea (AGB) por árbol para diferentes ecuaciones alométricas para bosques de manglar. DBH= Diámetro a 1.30 cm de altura.

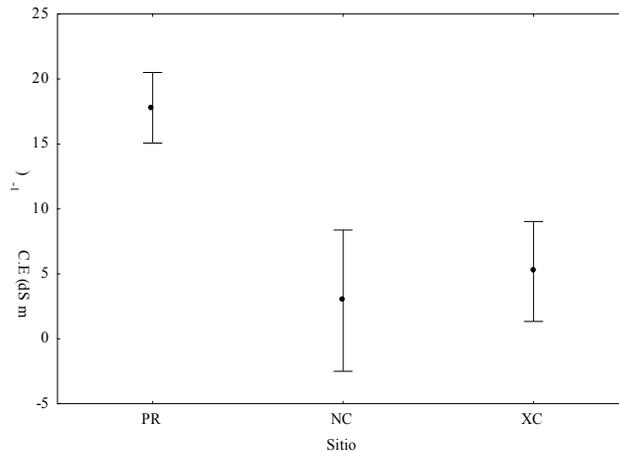


Figura 7. Valores medios de C.E (dS m⁻¹) de los tres sitios (PR=Puerto Rico, NC= Nuevo Campechito y XC= Xicalango). Las letras indican diferencias significativas p<0.05.

Conclusión

Los resultados obtenidos muestran que todos los sitios tienen un buen potencial de almacenar carbón durante largo periodo de tiempo, además, la alta productividad prevaleciente en los bosques de manglar constituyen una fuente de nutrientes que actúan en sinergia con la baja razón de descomposición y la hidrología, resultando en altas tasas de almacenamiento. Los valores máximos de contenido de carbono por almacén fueron encontrados en el sitio de PR, se destaca que el mayor reservorio de carbono ésta contenido en sus suelos.

Los valores de AGB encontrados se encuentran influenciados por las asociaciones de especies de manglar presentes en cada una de las parcelas en los sitios de estudio, se encontró que aquellas parcelas con predominancia de Ce presentaron los valores más altos de AGB mientras que aquellas parcelas con asociaciones en las que predomina Ag presentaron menores valores de biomasa arbórea, lo cual está de acuerdo a lo reportado por Komiyama *et al.* (2005). Por otro lado, el carbón almacenado en la biomasa arbórea presentó su máximo valor para el sitio de Xicalango (XC) en el cual se encontró la mayor densidad de individuos de *Conocarpus erectus* (Ce). El máximo valor para el carbón almacenado en la biomasa arbórea fue encontrado en las parcelas P4, P9 y P10, en donde las asociaciones de especies de manglar dominantes corresponden a Ag-Rm y Ce-Lr para las parcelas P4 y P9-P10, respectivamente.

Los resultados de este estudio son una de las pocas determinaciones de biomasa arbórea y almacenamiento de carbono en bosques de manglar del trópico húmedo mexicano, específicamente en la Península de Atasta y muestran que los suelos de los manglares de la Península de Atasta son buenos reservorios de carbono.

La información proporcionada en el presente trabajo puede ser útil en la optimización de planes para el manejo y conservación de los recursos naturales en la Península de Atasta, ya que, la región es de suma importancia considerando tanto la biodiversidad ecológica como en el aspecto comercial por las diferentes actividades que se llevan a cabo en esta zona.

Literatura citada

- Amarasinghe, M.D., Balasubramaniam, S., 1992. Net primary productivity of two mangrove forest stands on the northwest coast of Sri Lanka. *Hydrobiologia* 247:37-47.
- Arreaga, W. 2002. Carbon storage in forest with a management program in the natural reserve "Maya Peten", Guatemala. Thesis M. Sc. CATIE, Turrialba, CR. 86.
- Basuki, T.M., van Laake, P.E., Skidmore, A.K. and Hussin, Y. A. 2009. Allometric equations for estimating the above-ground biomass in tropical lowland Dipterocarp forest. *Forest Ecology and Management*, 257:1684-1694.
- Bernal, B. and Mitsch, J. W., 2008. A comparison of soil carbon pools and profiles in wetland in Costa Rica and Ohio. *Ecological Engineering*, 34:311-323.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Foster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B., Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145: 87-99.
- Clough, B.F., Scott, K., 1989. Allometric relationships for estimating above ground biomass in six mangrove species. *Forest Ecol. Manage.* 27:117-127.
- Craft, C. B., Seneca, E.D. and Broome S.W. 1991. Loss on ignition and kjeldahl digestion for estimating organic carbon and soils: Calibration with dry combustion. *Estuaries*. 14: 175-179.
- Day, J.W., Conner, W.H., Ley, L.F., Day, R.H., Navarro, A.M., 1987. The productivity and composition of mangrove forests, Laguna de Terminos, Mexico. *Aquat. Bot.* 27: 267-284.
- Fromard, F., Puig, H., Mougin, E., Marty, G., Betoulle, J.L., Cadamuro, L., 1998. Structure above-ground biomass and dynamics of mangrove ecosystems: new data from French Guiana. *Oecologia* 115:39-53.
- Gonzalez, M., Etchevers, B. e Hidalgo, M., 2008. Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo. *Agrociencia [online]*. 42:7, 741-751.

- Heiri, O., Lotter, A. F., and Lemcke G. 2001. Loss on Ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of paleolimnology* 25: 101-110.
- Imbert, D., Rollet, B., 1989. Phytomasse aérienne et production primaire dans la mangrove du Grand Cul-de-sac Marine (Guadeloupe, Antilles françaises). *Bull. Ecol.* 20:27-39.
- INE, 1997. Programa de Manejo del área de protección de flora y fauna —Laguna de Terminos”; SEMARNAT.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2001. *Climate Change: The Scientific Basis*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- Johnson, D. W. 1992. Effects of forest management on soil carbon storage. In: *Natural Sink of CO₂*. J. Wisniewski y A. E. Lugo (Eds). Kluwer Academic Publs. Palmas de mar, Puerto Rico. 83-120.
- Komiyama, A., Ong J. E., and Pongparn, S. 2008. Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: a review. *Aquatic Botany* 89: 128-137.
- Komiyama, A., Pongparn, S., Kato, S., 2005. Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *J. Trop. Ecol.* 21:471-477.
- Lugo, A. and Snedaker, C. 1974. The Ecology of Mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5:38-64.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2001. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.
- Ordoñez, J.A. 1998. Captura de carbono en un bosque templado: el caso de San Juan Nuevo, Michoacán [en línea]. [67 pág. -96 archivos] Mexico, 1ra. Edición electrónica. <http://www.ine.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=296> [Consulta: 12 dic. 2008].
- Ordoñez, J.A. y Maserá, O. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*, 7:3-12. Pineda et al. 2005. Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aún no valorado en Veracruz. *Madera y Bosques* 11:3-14.
- Rico-Gray, V., 1982. Estudio de la vegetación de la zona costera inundable del noroeste del estado de Campeche, México: Los petenes. *Biótica*, 7: 171-188.
- Schlesinger, W. H. 1990. Evidences from chronosequence studies for low carbon-storage potential of soils. *Nature* 348: 232-234.
- Twilley, R.W., Lugo, A.E. and Patterson-Zucca, C. 1986. Litter Production and Turnover in Basin Mangrove Forests in Southwest Florida. *Ecology*. 67:670-683.
- Webb, A. 2002. Pre-clearing soil carbon levels in Australia. National carbon accounting system technical report No.12. Australian greenhouse office, Canberra, 204.
- Whiting, J. G. and Chanton, J. P. 2001. Greenhouse carbon balance of wetlands: methane emission versus carbon sequestration. *Tellus* 53B: 521-528.
- Zanne, A.E., Lopez, G.G., Coomes, D.A. Llic, J., Jansen, S.L., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C., and Chave, J. 2009. Global wood density database. *Dryad*. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

PROPIEDADES EDÁFICAS QUE AFECTAN LA DISTRIBUCIÓN DEL SISTEMA RADICAL EN EL BOSQUE MESÓFILO

Cuahutle Gómez, A. Carolina¹, Ríos Gómez Ramiro¹ Alvarado Villafañe, Dulce S.¹ y López Martínez Ma. De la Luz .

Unidad de Investigación en Sistemática Vegetal y Suelo, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM¹.
Email:skat_cuahutle@hotmail.com Proyecto PAPIIT IN-225210

Resumen

Se realizó la apertura de cinco perfiles de suelo, se realizaron dos tipos de muestreo uno por horizonte genético para la caracterización física y química del material suelto y otro para analizar la distribución del sistema radical, en este último caso se tomaron muestras a lo largo de un monolito de 20x20cm cada 10 cm de espesor hasta la profundidad 150 cm. Las raíces fueron separadas del suelo y clasificadas en: <0.5 mm (raíces extremadamente finas), 0.5 – 1.0 mm (raíces muy finas), 1.0-2.0 mm (finas), 2.0– 3.0 mm (gruesas) y > de 3.0 mm (muy gruesas), con el fin de conocer su distribución en el perfil edáfico. Se encontró que a mayor profundidad y pedregosidad menor cantidad de raíces finas y que un mayor contenido de estas se encuentra en el horizonte O.

Palabras clave: *distribución, raíz y suelo.*

Abstract

We performed the opening of five soil profiles, there were two types of sampling one genetic horizon for physical and chemical characterization of loose material and another to analyze the distribution of the root system, the latter samples were taken along 20x20cm each a monolith of 10 cm to 150 cm depth. Roots were separated from soil and classified as <0.5 mm (extremely fine roots), 0.5 - 1.0 mm (fine roots), 1.0-2.0 mm (thin), 2.0-3.0 mm (thick) and > 3.0 mm (thick) in order to determine their distribution in the soil profile. It was found that deeper and less stony fine roots and a higher content of these is on the horizon O.

Key Words: *distribution, root and soil*

Introducción

El bosque mesófilo de montaña ocupa una extensión de aproximadamente 180,000 km² a nivel nacional (Villaseñor, 2010) cuenta con una distribución fragmentada, sin embargo, son una prioridad para la conservación por sus características notables y únicas de composición florística y riqueza de especies (Santiago, 2009), así como su importante función en la captación de agua, a su estructura compleja y a la alta biomasa por hectárea, además, existe potencial en utilizar al bosque como parte de una estrategia nacional para recibir créditos en el mercado global del secuestro de carbono (Williams-Linera, 2002). A pesar de todas las oportunidades que nos brinda este tipo de vegetación, se ve afectado por el crecimiento de la población humana y de la expansión de las actividades productivas como la agricultura, la ganadería, la extracción forestal y la influencia de otros factores reduciendo la extensión de estos bosques.

El suelo constituye uno de los recursos naturales más importantes, al ser el sustrato que sustenta la vida en el planeta, muchas veces es un indicador de las causas de las diferencias en el tipo y distribución de la vegetación en un ecosistema dado, debido a que sus características físicas y químicas como: el pH, materia orgánica, salinidad, disponibilidad de nutrientes, textura, profundidad, compactación y origen mineral, determinan la distribución natural de esta (Bautista, 2005). En este contexto, la distribución del sistema radical es el resultado de factores tanto internos como externos a la planta, influenciando el crecimiento de las raíces dentro del suelo y a su vez interactuando con sus propiedades, determinando así, la disponibilidad de nutrientes y competencia entre la vegetación. Las raíces constituyen una gran proporción de la productividad primaria neta del suelo que va del 80 al 90% (Metcalfe, 2006) y para entender la bioquímica y ecología terrestre, es necesario registrar información acerca de la distribución y crecimiento de las raíces.

En estudios anteriores como el de Gathumbi *et al.* (2004), Jacobs *et al.* (2003) y Kuchenbuch *et al.* (2004) se ha visto que tanto la longitud como el diámetro radical están influenciados por las propiedades del suelo. El presente estudio se realizó en un bosque mesófilo de montaña donde se cuantificó la cantidad de raíces a lo largo del perfil dividiéndolas en cinco grupos: <0.5 mm, 0.6-1 mm, 1.1-2 mm, 2.1-3 mm y >3 mm y se caracterizó el suelo física y químicamente con el fin de explicar la interrelación de estas y la distribución de las raíces a lo largo del perfil.

Materiales y Métodos

Se trabajó en un bosque de la localidad de San Andrés Chicahuaxtla, municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca ubicado al norte de la cabecera municipal, en la región conocida como Mixteca alta, entre las coordenadas 17° 9' 29" N, 97° 39' 27" W y 17° 9' 23" N, 97° 49' 12" W.

Se hicieron recorridos por el área de estudio, se seleccionaron cinco sitios en el interior del fragmento de esta cobertura vegetal más conservada, para ello se utilizaron como criterios la estructura y composición de la comunidad, grado de perturbación, presencia y espesor del mantillo, ausencia de evidencias de erosión o de extracción de recursos del bosque. En cada sitio se describió morfológicamente el perfil de suelo con base en Cuanalo de la Cerda (1990), se tomaron muestras de cada horizonte genético para determinar sus propiedades físicas y químicas por los métodos tradicionales.

El muestreo de las raíces se realizó cada 10 cm de profundidad en un monolito de 20x20cm de superficie empleando una cara del perfil hasta la profundidad de 150 cm (Aguilar *et al.*, 2006), posteriormente las muestras fueron lavadas en una corriente de agua a flujo continuo en un tamiz con luz de malla de 0.046 mm con el fin de separar el suelo fino del resto del material (arena, gravas y piedras) en donde permanecieron las raíces.

En el laboratorio las raíces se separaron con ayuda de unas pinzas y un estereoscopio, clasificándolas en cinco grupos dimétricos con ayuda de un tornillo micrométrico: <0.5 mm (raíces extremadamente finas), 0.5 – 1.0 mm (raíces muy finas), 1.0-2.0 mm (finas), 2.0– 3.0 mm (gruesas) y > de 3.0 mm (muy gruesas). Las raíces de cada clase diamétrica se colocaron en bolsas de papel de estraza y estas dentro de un horno a 70 °C hasta conseguir un peso constante. Bajo estas condiciones las raíces de cada clase se pesaron en una balanza analítica con precisión de .0001g a fin de conocer su biomasa seca. Con el fin de calcular la superficie expuesta por cada clase diamétrica, se pesaron 0.5 g de raíces de cada grupo y se midió su longitud con un vernier digital, posteriormente se aplicó la fórmula $A = L \cdot P / V$, el dato obtenido se multiplico por la biomasa total de raíces de cada diámetro.

Se realizaron análisis de varianza y correlaciones entre las propiedades del suelo y los parámetros biológicos estudiados con ayuda del programa STATGRAPHICS-plus

Resultados y Discusión

La mayor longitud radical se encuentra en el horizonte O (mantillo) seguida por los primeros 30 cm de profundidad del suelo mineral (Fig.1 y 2), observándose una disminución a lo largo del perfil manteniendo un patrón similar con respecto a la variación del porcentaje de arena, limo y materia orgánica a medida que la profundidad aumenta (Cuadro 1), este mismo comportamiento fue observado por Rodríguez (2004).

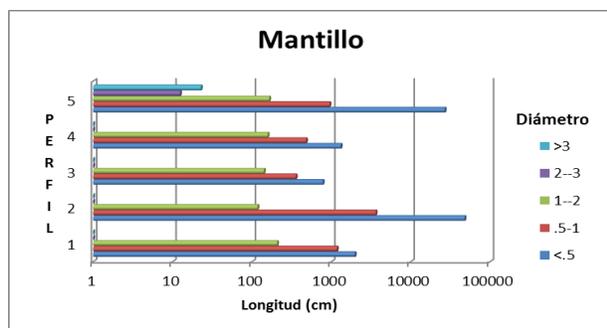


Figura. 1 Distribución de los distintos grupos diámtricos en el horizonte orgánico.

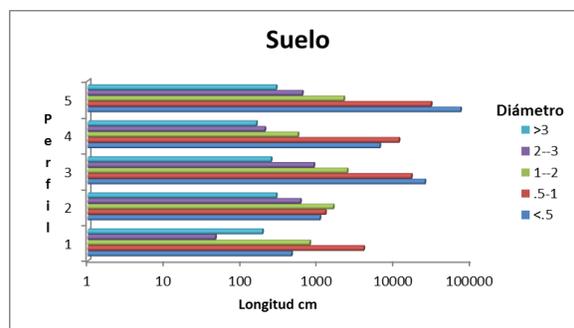


Figura. 2 Distribución de las distintas clases radicales por perfil de suelo.

Cuadro 1. Propiedades del suelo de dos perfiles.

Profundidad	Perfil	D.A.	D.R.	EP	Arena	Limo	Arcilla	Ret	pH	pH	M.O	Conductividad	C.I.C.
		(g/cc)	(g/cc)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	H ₂ O	KCl	(%)	(dS/m)	(Cmol ₍₊₎ Kg ⁻¹)
0-30	1	0.59	2.27	74.06	75.6	22.96	1.44	57.22	4.86	4.2	30.17	0.345	21.12
30-50		0.71	2.23	68.19	73.6	13.96	12.44	49.05	4.62	3.09	22.59	0.207	24.32
50-70		0.86	2.29	62.63	67.6	25.96	6.44	45.05	4.65	3.89	7.51	0.295	18.8
70-90		0.76	2.38	68.23	72.6	20.96	6.44	48.04	4.68	4.1	8.77	0.126	21.36
90-110		0.75	2.44	69.21	67.6	25.6	6.8	43.46	4.23	3.73	6.87	0.206	25.52
0-10	2	0.73	2.42	69.68	72.6	21.8	5.6	46.40	5.08	3.58	10.35	0.155	33.6
10-35		0.80	2.53	68.39	71.6	23.8	4.6	43.18	5.7	4.33	8.1	0.241	32.8
35-65		0.73	2.37	69.20	74.6	19.8	5.6	45.02	5.1	3.53	6.72	0.226	32.32
65-107		0.83	2.51	66.93	70.6	21.8	7.6	44.44	4.1	3.41	5.93	0.162	36.72
107-130		0.80	2.45	67.16	70.6	21.8	7.6	43.81	5.03	3.6	7.19	0.213	35.68

La materia orgánica tiene una estrecha relación con la cantidad de raíces finas encontradas, esto mismo sucede pero con una tendencia menos consistente con las distintas clases diamétricas, desde luego esto está relacionado con su función. La mayor densidad de raíces finas en el horizonte O y primeros centímetros superficiales del suelo mineral, se debe a que este tipo de raíces son las encargadas de la obtención de recursos para la planta y es precisamente en estos materiales donde se encuentra la mayor cantidad de nutrimentos disponibles, en el caso del horizonte O, la liberación se debe a la mineralización del mantillo. Las raíces gruesas anclan a la planta, razón por la cual estas penetran a la profundidad y tienden a dominar después de los 40-50 cm. En este estudio se encontró en el horizonte O más del 90% de raíces finas (Fig. 3), mientras que en el suelo mineral está presente el 60% de estas (Fig.4), este patrón de distribución coincide con lo reportado por Doll *et al.* (2008) y Metcalfe *et al.* (2008).

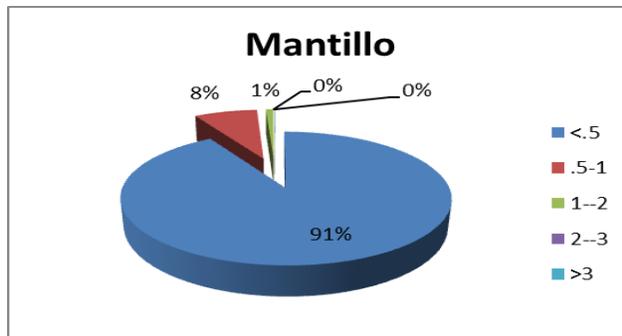


Figura 3. Porcentaje de raíces del horizonte Orgánico.

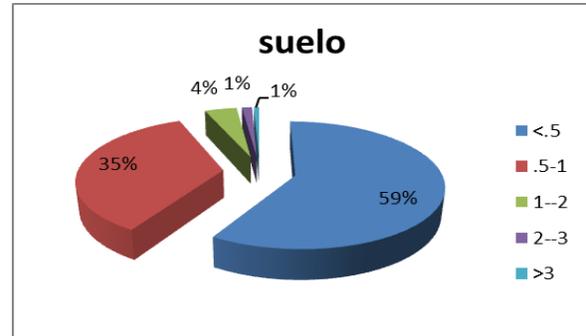


Figura 4. Porcentaje de raíces en el suelo de bosque mesófilo de montaña.

La longitud radical se ve afectada por las propiedades del suelo, particularmente la pedregosidad hace disminuir la longitud de las raíces finas ($P < 0.05$), determinando de esta forma su distribución y morfología. Por otra parte, el bajo contenido de sales, el pH y la CIC favorecen el desarrollo del sistema radical.

Cuadro 2. Correlación con un 95% de nivel de confianza.

	DA	MO	Longitud radical	Arcilla
MO	0			
Longitud radical	0.5875	0.8348		
Arcilla	0.0336	0.7795	0.0825	
Pedregosidad	0	0.0404	0.6081	0.3752
Conductividad	0.1678	0	0.6065	0.3456
pH KCl	0.0464	0	0.691	0.0101
CIC	0.2447	0	0.5149	0.2239

Conclusiones

Las propiedades físicas del suelo como la textura y la densidad real a lo largo del perfil, influyen en la cantidad y distribución de las raíces finas en los sitios estudiados.

El horizonte O es invadido casi exclusivamente por raíces muy finas, cuya función es la interceptación de nutrientes producto de la mineralización, dada la alta competencia por estos en el bosque mesófilo de montaña.

Las propiedades del suelo que tienen mayor influencia en la distribución del sistema radical son: pedregosidad, materia orgánica, pH, densidad y CIC.

Literatura Citada

- Aguilar A. J. L., H. J. Martínez, H. V. Volke, B. J. Etchevers, V. H. Mata y M. M. Hernández. 2006. Distribución del fósforo en suelo, raíces y materia seca de tubérculos de papa cultivada con fertirriego. *Terra Latinoamericana* 24: (2) 269-276.
- Black C. 1975. Relaciones Suelo-planta. Trad. por Armando Rabuffetti. Iowa, Hemisferio Sur. Tomo II. 866 p.
- Bouyoucos G. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soil. *Agronomy Journal* 54:464-465.
- Cuanalo de la Cerda H. E. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Tercera edición, Colegio de Postgraduados. México.
- Doll U., O. Vallejos, N. Bilbao y C. Jara. 2008. Estimación preliminar de la retención de carbono en raíces finas y mantillo de un renoual de *Nothofagus glauca* de la precordillera andina de la Región del Maule, Chile. *Bosque* 29(1): 91-96.

- Escamilla Bencomo, J. A., F. Quintal Tun, F. Medina Lara, A. Guzmán, E. Pérez y L.M. Calvo Irabién. 2005. Relaciones suelo-planta en ecosistemas naturales de la Península de Yucatán: comunidades dominadas por palmas, p.159-172. En: F. Bautista y G. Palacio (Eds.) Caracterización y Manejo de los Suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán. 282 p.
- Gathumbi, S. M. 2004. Root recovery of five tropical tree and shrub species by sieves of different mesh sizes. *Agroforestry Systems* 60:233-237.
- Kuchenbuch O. R. and T. K. Ingram. 2004. Effects of soil bulk density on seminal and lateral roots young maize plants (*Zea mays* L.). *Plant Nutrition Soil Science* 167:229-235.
- Jackson, M. L. 1982. Análisis Químico de Suelos. editl. Omega. 4ª edición. Barcelona, España.
- Jacobs, F. Douglas, R. Rose, D.L. Hasse and P. D. Morgan. 2003. Influence of nursery soil amendments on water relations, root architectural development, and field performance Douglas-fir transplants. *New Forest* 26: 203-277
- Metcalfé D. 2006. Cálculo de dinámicas de raíz en ecosistemas tropicales: manual de campo, PAN-AMAZONIA, 3 p.
- Metcalfé, D. P. Meir, L. E. O. C. Aragão, A. C. L. da Costa, A. P. Braga, P. H. L. Gonçalves, J. de Athaydes Silva Junior, S. S. de Almeida L. A. Dawson, and Malhi y M. Williams. (2008). The effects of water availability on root growth and morphology in an Amazon rainforest. *Plant and Soil* 311: 189-199
- Rodríguez, J. Cy A. D. Arias. 2004. Distribución de la biomasa y densidad de raíces finas en una gradiente sucesional de bosques en la Zona Norte de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Santiago-Pérez, A. L., E. J. JardeL-Peláez, R. Cuevaz-Guzmán y F. J. Huerta-Martínez. 2009. Vegetación de bordes en un bosque mesófilo de montaña del Occidente de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 85: 31-49.
- Villaseñor, J. L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 40 pp
- Williams-Linera. G., H, M. R. y V, E, Isunza. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 73-89.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EN PASTIZALES TROPICALES MEDIANTE INDICADORES DE SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA SUELO-PLANTA.

Sandra Lok¹, Crespo¹, G., Frómeta², E. y Fraga¹, S.

1. Instituto de Ciencia Animal

2. Universidad Agraria de La Habana.

La Habana, Cuba.

slok@ica.co.cu

Resumen

El deterioro y la degradación progresiva que ocurren en los pastizales debidos, fundamentalmente, a los cambios climáticos y el uso inadecuado de las tecnologías de explotación, convirtieron la búsqueda de indicadores eficientes para el seguimiento de la sostenibilidad de estos agroecosistemas en una tarea de primer orden para la ciencia mundial. Por ello, en este trabajo se determinó el comportamiento indicadores del suelo y el pasto durante tres años consecutivos y se seleccionaron aquellos que mejor reflejan su sostenibilidad para recomendarlos como indicadores para el control del impacto del manejo de cada tipo de pastizal. Los pastizales fueron: a) silvopastoreo basado en *Leucaena leucocephala*-*Panicum maximum*, b) monocultivo de *Panicum maximum*, c) mezcla de leguminosas rastreras (*Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Neonotonia wightii*) y d) sistema con la tecnología de banco de biomasa de *Pennisetum purpureum* clon. CT-115. Mediante el análisis de componentes principales se escogieron los indicadores con valor de preponderancia mayor de ± 0.78 y que explicaron, al menos, el 65% de la varianza acumulada. En la vegetación se estudiaron hasta 50 indicadores y se seleccionaron entre 7 y 9, en los que coincidieron: la cobertura vegetal, el suelo desnudo, la densidad del pasto base y la presencia de pastos naturales. De los 76 indicadores del suelo se seleccionaron entre 15 y 19, en los que la distribución de agregados en húmedo y en seco, la estabilidad estructural, el Valor n, la fitomasa subterránea, la macrofauna y la mesofauna se reiteraron para explicar su variabilidad. El comportamiento de los indicadores seleccionados permitió caracterizar el estado del sistema suelo-planta de cada pastizal y mostraron que el manejo a que se sometió el silvopastoril, el de mezcla de leguminosas y el de banco de biomasa con CT-115 conllevó a sus mejoras ecológicas y productivas, mientras que en el pastizal con monocultivo se produjeron signos iniciales de degradación. Se proponen tablas con rangos de valores de confianza para los indicadores propuestos, que podrán servir como herramientas útiles, confiables y sensibles para conocer los cambios que ocurren en cada tipo de pastizal y que podrán ser usados en la investigación, la docencia y la producción.

Palabras clave: indicadores, sostenibilidad, suelo, pastizales.

Introducción

La degradación de los pastizales es un fenómeno de trascendencia global (Holzer & Kriechbaun, 2001) y es común en diferentes agroecosistemas de América Latina Tropical (Bourman *et al.* 1999; Costa & Rechman, 1999).

El proceso de degradación de un pastizal se caracteriza, fundamentalmente, por la disminución de su productividad y por el cambio en la composición botánica con incremento de plantas no deseadas (Dias-Filho, 2003). El establecimiento incorrecto o el manejo inadecuado de los pastizales ya establecidos se señalan entre los principales factores, de influencia antrópica directa, que contribuyen a tornar un pastizal más susceptible a la degradación (Smith *et al.* 1995).

Al evaluar los pastizales se debe realizar un análisis íntegro que incluya el manejo animal, la influencia de las condiciones climáticas, edáficas y las relaciones suelo-planta (Quiñonez *et al.* 2004 y Rubiano *et al.* 2004). Mientras más abarcador sea este análisis, por la diversidad de indicadores incluidos, mejor será la selección. Además, debe estar sustentado en indicadores sensibles a las modificaciones ambientales, que

permitan caracterizar de manera rápida, fácil y confiable el estado de los sistemas y que sean repetibles en el tiempo (Kerridge, 1997 y Fürs, 2006)

Es conocido que cada pastizal tiene sus propias características, definidas por las interrelaciones que se establecen entre sus diferentes componentes (suelo-planta-animal-hombre-clima), por lo que la determinación de indicadores que permitan caracterizarlos y controlar el funcionamiento y el efecto de las tecnologías aplicadas, estará en función de estas particularidades, lo cual implica la necesidad de realizar, ante todo, un estudio de cada caso para poder definir los indicadores que mejor expresan su variabilidad en el tiempo. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue determinar el comportamiento de un número elevado de indicadores del suelo y el pasto en pastizales de producción de ganado vacuno para seleccionar los que muestren mayor variabilidad y proponer aquellos que serán más útiles para conocer el grado de sostenibilidad del sistema suelo-pasto.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en los años 2005, 2006 y 2007 en el Instituto de Ciencia Animal ubicado en La Habana, Cuba. Se evaluaron tres pastizales: a) silvopastoril basado en *Leucaena leucocephala*/*Panicum maximum* en suelo Ferralítico Rojo hidratado (Ferrasol ródico); b) monocultivo de *Panicum maximum* (Ferrasol ródico); c) mezcla de leguminosas rastreras (*Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum* y *Neonotonia wightii*) en suelo Ferralítico Pardo rojizo (Andisol) y d) sistema con la tecnología de banco de biomasa de *Pennisetum purpureum* clon CT-115 en suelo Pardo con carbonato. Los suelos se clasificaron según Hernández *et al.* 1999.

De la vegetación se midieron entre 38 y 50 indicadores dependiendo de la vegetación existente y sus características de crecimiento. Entre ellos estuvieron la composición botánica, la densidad y frecuencia de las especies, la altura, la disponibilidad de biomasa, muerte y aparición de especies y la composición química del pasto. Se determinaron 70 indicadores del suelo los que se evaluaron para tres profundidades (de 0 a 15, de 16 a 30 y a más de 30 cm) entre los que estuvieron textura, estructura, resistencia a la penetración, Valor n, humedad, pH, materia orgánica, contenido de nutrientes, fitomasa subterránea (0-7, 7-14, 14-21, 21-28, 28-35, 35-42, 42-49, 49-56 cm), mesofauna y macrofauna (de 0 a 10 y de 10 a 20 cm de profundidad).

Se utilizaron las técnicas de laboratorio establecidas para su determinación en el departamento de Pastos del Instituto de Ciencia Animal. Los indicadores físicos y químicos se midieron anualmente al estabilizarse la época lluviosa, mientras que los biológicos dos veces por estación climática.

El análisis se realizó mediante la metodología de Torres *et al.* (2009) la que se basa en el análisis consecutivo de componentes principales para variables agrupadas según sus relaciones en cuanto a fenómenos que explican y similares frecuencias de muestreos. Se seleccionaron aquellos indicadores con valores de preponderancia mayores a ± 0.78 y que estuvieran ubicados en las componentes que explicaron, al menos, el 65% de la varianza acumulada. A estos indicadores se les realizó análisis de varianza lineal y se les calculó el rango de confianza para el 95% de probabilidad.

Resultados

El análisis multivariado mostró que la varianza de la vegetación en todos los pastizales estuvo descrita, fundamentalmente, por cinco componentes principales, que en su conjunto fueron capaces de explicar entre 80 y 84% de la variabilidad. Del total de indicadores evaluados se seleccionaron entre 7 y 9, algunos de los cuales se reiteraron en los tres tipos de pastizales. La cobertura vegetal, el suelo desnudo, la densidad del pasto base, la presencia de pastos naturales, la composición botánica y la disponibilidad de biomasa fueron los que más se repitieron. Los indicadores seleccionados coinciden con los propuestos por Behnke *et al.* (2000) y Quiñónez *et al.* (2004), quienes señalaron que entre las variables que mejor pueden explicar la distribución de la vegetación en pastizales, se encuentran la cobertura vegetal aérea, la composición florística y el suelo descubierto, ya que esos indicadores pueden ser un reflejo del efecto del manejo del pastoreo sobre la abundancia y desarrollo de las especies vegetales.

Por su parte, de los 76 indicadores determinados en el suelo, 48 correspondieron a indicadores químicos y físicos y 28 a indicadores biológicos. Del análisis de componentes principales de las variables del comportamiento físico y químico se seleccionaron entre 24 y 26 que explicaron entre 80 y 87% de la

varianza y que quedaron agrupadas en cinco o seis componentes principales. Entre los indicadores que sobresalieron en estas componentes estuvieron la distribución de agregados en húmedo y en seco, la estabilidad estructural, el valor n, los indicadores químicos, la resistencia a la penetración y el índice de plasticidad. Al realizar estudios similares, Borrelli y Oliva (2004) y Ferreras *et al.* 2004 plantean que los indicadores agrofísicos constituyen las variables del suelo que tienen mayor peso en la variabilidad temporal y espacial, aseveración que coincide con nuestros resultados.

De los indicadores biológicos del suelo se seleccionaron entre 13 y 18, que quedaron agrupadas en 3 y 4 componentes principales, los que explicaron entre 80 y 85% de la varianza y los indicadores que más se reiteraron fueron la fitomasa subterránea, la macrofauna y la mesofauna. En este sentido, Velásquez *et al.* (2004) encontraron al estudiar indicadores del comportamiento productivo de diversos ecosistemas que la macrofauna del suelo fue la variable de mayor cambio en el tiempo y le permitió detectar con rapidez las variaciones ecológicas y productivas de los sistemas. Black *et al.* (2004) plantean que los indicadores biológicos son un reflejo del tipo de vegetación, el tipo de suelo y el uso de la tierra, de modo que su variabilidad está en función del manejo de los agroecosistemas.

El estudio de los indicadores seleccionados permitió describir el efecto del manejo a que se sometieron los tres pastizales. Así, el comportamiento de los indicadores vegetativos (tabla 1) señaló que el pastizal silvopastoril incrementó la densidad de guinea como pasto base y su cobertura vegetal, mientras que la disponibilidad de biomasa se mantuvo estable en ambas épocas. Este comportamiento, unido a la mejora de la estabilidad estructural del suelo, del Valor n y el incremento de la fitomasa subterránea, indicaron que el pastizal se encontraba estable ecológica y productivamente, por lo que el manejo contribuyó a la sostenibilidad del sistema.

El pastizal con monocultivo mostró indicios de deterioro al incrementarse significativamente la presencia de malezas con la consecuente disminución de guinea. Este criterio se reafirmó por el comportamiento de los indicadores del suelo, los que tuvieron adecuados valores, pero se observó que tanto la distribución de agregados en húmedo de las partículas entre 1 y 5 mm de diámetro como el contenido de materia orgánica disminuyeron con el incremento del tiempo de explotación del sistema.

Por su parte, el pastizal con mezcla de leguminosas tuvo un progreso manifestado en la persistencia de las leguminosas y su incremento en el tiempo, la disminución del índice de plasticidad y el descenso de la resistencia a la penetración a profundidades entre 20 y 30 cm. Todo ello indicó que este pastizal se encontraba estable. Mientras, el sistema con banco de biomasa con CT-115

Algunos de los indicadores seleccionados y sus rangos de valores para señalar la sostenibilidad de estos pastizales se muestran en las tablas 1 y 2. El hecho de que algunos de ellos se reiteren en todos los pastizales, independientemente del tipo de vegetación y suelo existente, puede ser un indicio de que existen indicadores de sostenibilidad comunes en los pastizales, por lo que sugiere que se les preste una mayor atención y que se profundice en su comportamiento.

Estos rangos de valores para cada indicador permiten dar seguimiento sistemático del manejo en estos pastizales y pueden constituir una herramienta útil para que este sea eficiente, por lo que son recomendados para que sean usados por productores, investigadores y docentes.

Conclusiones

Mediante un grupo reducido de indicadores se pudo caracterizar el comportamiento y estado de estabilidad del suelo y el pasto en los pastizales estudiados. Estos indicadores mostraron que el manejo mejoró productiva y ecológicamente en los pastizales silvopastoril, mezcla de leguminosas y sistema con banco de biomasa, mientras que en el monocultivo se evidenciaron signos de deterioro. Las tablas con rango de valores para cada indicador seleccionado se recomiendan como herramientas para el manejo y control sistemático de estos pastizales.

Recomendaciones

Continuar los estudios para validar los indicadores seleccionados y divulgar los resultados obtenidos para que sirvan como herramientas a productores, docentes e investigadores para el seguimiento del efecto del manejo en estos tipos de pastizales.

Tabla 1. Indicadores de la vegetación seleccionados en cada pastizal, su comportamiento y rango de valores de confianza calculados para el 95% de probabilidad.

Pastizal	Indicador		2005	2006	2007	± ES y sign	Valores
Silvopastoril	Densidad de guinea (plantas m ⁻²)	Poco lluviosa	5.8 ^a	6.3 ^a	9.2 ^b	0.05 ^{***}	8.6 – 9.5
		Lluviosa	6.1 ^a	6.4 ^a	7.8 ^b	0.04 ^{***}	7.9 – 9.0
	Cobertura vegetal (%)	Poco lluviosa	94.6 ^a	95.3 ^a	99.5 ^b	0.04 ^{**}	99.4 – 99.6
		Lluviosa	97.3 ^a	97.0 ^a	99.4 ^b	0.03 ^{**}	99.5 – 99.6
	Disponibilidad total de biomasa (t MS ha ⁻¹)	Poco lluviosa	4.3 ^a	5.8 ^b	4.1 ^a	0.03 ^{**}	5.4 – 6.3
		Lluviosa	6.2	6.6	6.4	0.07	6.0 – 7.1
Monocultivo	Leguminosas (%)	Poco lluviosa	6.8 ^c	3.4 ^b	2.6 ^a	0.05 ^{***}	2.6 – 2.7
		Lluviosa	5.7 ^b	4.4 ^a	4.7 ^b	0.08 ^{***}	1.3 – 1.4
	Malezas (%)	Poco lluviosa	5.4 ^a	20.1 ^b	25.6 ^c	1.08 ^{***}	7.4 – 7.5
		Lluviosa	20.2 ^a	26.3 ^b	28.2 ^b	1.01 ^{***}	19.9 – 20.1
	Cobertura vegetal (%)	Poco lluviosa	91.1 ^a	92.0 ^a	96.8 ^b	0.08 ^{***}	96.6 – 96.7
		Lluviosa	97.5 ^a	96.2 ^a	98.0	0.02 ^{**}	98.2 – 98.3
Mezcla	Densidad de glycine (plantas m ⁻²)	Poco lluviosa	11.2 ^a	25.2 ^b	23.6 ^b	0.02 ^{***}	22.2 – 22.8
		Lluviosa	25.3 ^a	34.5 ^b	36.4 ^c	0.04 ^{***}	34.2 – 34.6
	Leguminosas (%)	Poco lluviosa	80.1 ^b	82.3 ^b	59.8 ^a	0.08 ^{***}	83.2 – 83.3
		Lluviosa	82.3	75.6	76.3	0.12	82.2 – 82.3
	Gramíneas (%)	Poco lluviosa	10.0 ^a	15.2 ^b	44.8 ^c	0.1 ^{***}	10.7 – 10.8
		Lluviosa	14.5	20.1	19.8	0.1	14.7 – 14.8
Banco de biomasa con CT-115	Densidad de CT-115 (plantas m ⁻²)	Poco lluviosa	1.95 ^a	1.92 ^a	2.35 ^b	0.09 ^{**}	1.98 – 2.02
		Lluviosa	2.50 ^b	2.00 ^a	2.94 ^c	0.03 [*]	2.87 – 2.91
	Altura de CT-115 (m)	Poco lluviosa	1.25 ^a	1.30 ^b	1.62 ^c	0.01 [*]	1.60 – 1.64
		Lluviosa	1.39 ^a	1.79 ^b	1.83 ^c	0.04 [*]	1.43 – 1.83
	Cobertura del suelo (%)	Poco lluviosa	95.2	96.4	96.3	NS	95.9 – 96.1
		Lluviosa	97.5 ^a	98.6 ^b	99.0 ^c	0.02 [*]	98.9 – 99.1
Pasto base (%)	Poco lluviosa	29.9 ^a	38.6 ^b	42.6 ^c	0.2 ^{**}	40.5 – 49.5	
	Lluviosa	38.6 ^a	43.1 ^b	48.3 ^c	0.9 ^{**}	47.4 – 52.4	

*** p<0.001; ** p<0.01

() Medias originales; datos transformados según \sqrt{X}

Medias con letras diferentes entre filas difieren significativamente P<0.05 (Duncan, 1955)

Tabla 2. Indicadores edáficos seleccionados en cada pastizal, su comportamiento y rango de valores de confianza calculados para el 95% de probabilidad.

Pastizal	Indicador	2005	2006	2007	± ES y sign	Valores
Silvopastoril	Distribución de agregados en húmedo de 1 a 5 mm (%)	0.38 ^a (25.1)	0.54 ^b (39.8)	0.79 ^c (58.5)	0.03 ***	58.7 – 58.9
	Distribución de agregados en seco > 10 mm (%)	0.66 ^c (37.8)	0.44 ^b (25.2)	0.35 ^a (20.4)	0.06 ***	20.3 – 20.5
	Valor n	0.32 ^b	0.31 ^{ab}	0.26 ^a	0.01 *	0.24 – 0.28
	Fitomasa subterránea de 35 a 42 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	0.41 ^a	0.62 ^b	0.71 ^b	0.04 ***
Lluviosa		0.39 ^a	0.68 ^b	0.70 ^b	0.04 ***	0.62 – 0.78
Monocultivo	Distribución de agregados en húmedo de 1 a 5mm (%)	63.51 ^b (27.1)	68.01 ^a (20.2)	33.25 ^a (23.3)	1.07 *	68.2 – 68.3
	Valor n	18.02 (8.1)	15.47 (10.0)	20.05 (18.5)	0.08	0.25 – 0.28
	Materia orgánica (%)	1.58 ^b	1.58 ^b	0.96 ^a	0.09**	3.8 – 5.7
	Fitomasa subterránea de 35 a 42 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	0.47 ^a	0.48 ^a	0.72 ^b	0.04 ***
Lluviosa		0.36 ^a	0.40 ^a	0.66 ^b	0.03 ***	0.57 – 0.68
Mezcla de leguminosas rastreras	Índice de plasticidad (%)	27.1 ^b	20.2 ^a	23.3 ^a	1.07 *	37.6 – 37.9
	Distribución de agregados en húmedo de 1 a 2 mm (%)	18.02 (8.1)	15.47 (10.0)	20.05 (18.5)	0.08	18.3 – 18.4
	Resistencia a la penetración de 20 a 30 cm (Mpa)	1.58 ^b	1.58 ^b	0.96 ^a	0.09**	0.78 – 1.13
	Fitomasa subterránea de 35 a 42 cm (g 100 cm ⁻³)	Poco lluviosa	0.47 ^a	0.48 ^a	0.72 ^b	0.04 ***
Lluviosa		0.36 ^a	0.40 ^a	0.66 ^b	0.03 ***	0.59 – 0.72
Banco de biomasa con CT-115	Estabilidad estructural	0.87 ^a	0.93 ^b	0.94 ^c	0.004***	0.87 – 0.98
	RP de 0 a 10 cm (Mpa)	0.81 ^a	0.99 ^b	1.01 ^b	0.03***	0.33 – 0.61
	Valor N	0.60 ^b	0.53 ^a	0.49 ^a	0.02***	0.32 – 0.56

*** p<0.001; ** p<0.01

() Medias originales; datos transformados según \sqrt{X}

Medias con letras diferentes entre filas difieren significativamente P<0.05 (Duncan, 1955)

RP: Resistencia a la penetración

Literatura citada

- Behnke Jr, R.H., Scoones, I. y Kerven, C. (eds). 2000. Range ecology at disequilibrium. Overseas Development Institute and others institutions. London, UK.
- Black, H.I.J., Chaplow, J.S., Ainsworth, G., Selfo, P. y Creamer, R. 2004. New insights into the biogeography of soil mites and collembolan from the Countryside Survey of Great Britain. Session 2. Soil Biodiversity. XIV International Colloquium on Soil Zoology and Ecology. Abstracts. At the Université de Rouen- Mont saint Aignan, France. p.23.
- Borrelli, P. y Oliva, G. 2004. Evaluación de Pastizales. En: Producción Animal sobre Pastizales Naturales. Disponible en: <http://www.aeet.org/agroecosistemas/038/libros.htm>. Fecha de consulta: 23/12/04.
- Bourman, B.A.M., Nieuwenhuyse, A. e Ibrahim, M. 1999. Pasture degradation and restoration by legumes in humid tropical Costa Rica. Tropical Grassland, v.33, p.98-110.
- Costa, F.P. y Rechman, T. 1999. Exploring the link between farmers' objectives and the phenomenon of pasture degradation in the beef production system of Central Brazil. Agricultural Systems, v.61, p.135-146.
- Dias-Filho, M.B. 2003. Degradação de pastagens. Processos, causas e estratégias de recuperação. Embrapa Amazônia Oriental. Ed. Guilherme Leopoldo da Costa Fernandes. p.152.
- Ferreras, L.A., Costa, J.L., García, F.O. y Pecorali, C. 2004. Effect of no-tillage on some soil physical properties of a structural degraded Petrocalcic Paleudoll of the southern "Pampa" of Argentina. Soil Till. Res. 54 (1-2). 31-39.
- Fürst, E. 2006. El debate actual sobre indicadores de sostenibilidad. Centro Internacional en Política Económica

- Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Revisado 11/12/06.
<http://www.mideplan.go.cr/sinades/PUBLICACIONES/cambioactitud/Articulo%20Pozuela%20Furst.html>
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., Rivero, L., Camacho, E., Ruiz, J., Salgado, E. J., Marsán, R., Obregón, A., Torres, J. M., González de la Torre, J. E., Orellana, R., Paneque, J., Nápoles, P., Fuentes, E., Duran, J. L., Peña, J., Cid, G., Ponce de León, D., Hernández, M., Frometa, E., Fernández, L., Carcés, N., Morales, M., Suárez, E., Martínez, E. y Ruiz de León, J. M. 1999. Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba. Ministerio de la Agricultura. La Habana. 26 p.
- Holzer, W. y Kriechbaum, M. 2001. Pastures in south and central Tibet (China) II. Probable causes of pasture degradation. *Bodenkultur*, v.52, p.37-44.
- Kerridge, P.C. 1997. Indicadores económicos y ambientales en sistemas de doble propósito: Principios para su selección. Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito. Consorcio Tropicelche. Cali. Colombia.p-165.
- Quiñónez, J.J., Gutiérrez, U.N., Valencia, C.M. y Martínez, J.J. 2004. Relaciones suelo-vegetación en un sitio de sabana en el noreste de Durango. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Conferencia. Simposio1. Trabajo 06. Cartagena de Indias. Colombia, p. 64.
- Rubiano, Y., Amézquita, E. y Beaulieu, N. 2004. Sistema georreferenciado de indicadores de calidad de suelos para los llanos orientales de Colombia. Estudio de caso: Municipio de Puerto López, Meta. XVI Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Simposio 23. Trabajo 09. Cartagena de Indias. Colombia. p.156.
- Smith, N.J.H., Serrão, E.A.S., Alvin, P. de T. y Falesi, I.C. 1995. *Amazônia: resiliency and dynamism of the land and its people*. Tokyo: United Nations University Press, p.268.
- Torres, V., Mederos, R.E. y Lizazo, D. 2003. Sistema de información y metodología estadística multivariada para medir el impacto de la innovación y la transferencia tecnológica. XV Forum de Ciencia y Técnica. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba.
- Velásquez, E., Ruiz, N. y Lavelle, P. 2004. Soil macrofauna as indicador of soil quality. XIV International Colloquium on Soil Zoology and Ecology. Session 7. Functional groups and valuation as indicators of soil fauna. Abstracts. p.231.

SUELOS POTENCIALES PARA PLANTACIONES FORESTALES, REGION OTHÓN P. BLANCO, QUINTANA ROO

Genaro Aguilar-Sánchez¹, María Luisa Ávila-Angulo
Universidad Autónoma Chapingo¹. agui_sge@hotmail.com

Resumen

En el proceso de planeación territorial es importante conocer las unidades de suelo, para desarrollar sustentablemente las actividades de un territorio, para las plantaciones forestales se debe de planear donde establecer las áreas según la especie para asegurar el éxito de la plantación. En Quintana Roo se encuentran conjuntadas las condiciones para desarrollar la actividad con especies tropicales, por lo que el objetivo del estudio fue la determinación del potencial productivo de los suelos, para plantaciones forestales, para cuatro especies de la región caoba (*Swetenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), sacchaca (*Dendropanax arboreus*), ciricote (*Cordia dodecandra*), como una alternativa de reconversión productiva, con la finalidad de contar con estrategias para impulsar la actividad en la región de Othón P. Blanco. La metodología aplicada fue la técnica del modelo de Hills, y el análisis multi criterio. Se analizaron criterios como: clima, suelo, vegetación y uso del suelo. Como resultado del análisis obtuvimos que 433,237.47 ha con optimo potencial productivo para caoba, 337,805.52 ha para cedro, 748,790.81 ha para sacchaca y 678,029.84 ha para ciricote. Donde las unidades de suelo más apropiadas para dichas especies son: Luvisol crómico, Vertisol pelico, Vertisol crómico y Rendzina. Los suelos forestales no se deben manejar en monocultivo sino en policultivo o sistemas agroforestales, como la asociación de cultivos como maíz, frijol, jícama; o en la inclusión de especies menores como ovinos para engorda; se propone la introducción de sistemas agroforestales o asociación de distintas especies forestales como caoba - sacchaca, cedro – sacchaca.

Palabras clave: *Vertisol, Lluvisol, Rendzina, Cedro, sacchaca,*

Abstract

In the process of territorial planning is important to know the soil units for sustainable development activities in a territory for forest plantations must plan where to set the area according to the species to ensure the success of the plantation. In Quintana Roo are combined the conditions for the activity with tropical species, so the aim of this study was to determine the productive potential of the soil and forest plantations, four species of the region mahogany (*Swetenia macrophylla*), cedar (*Cedrela odorata*), sacchaca (*Dendropanax arboreus*), ciricote (*Cordia dodecandra*), as an alternative to restructuring of production, in order for strategies to boost activity in the region of Othon P. White. The methodology used was the technique of model Hills, and multi-criteria analysis. Criteria were analyzed as climate, soil, vegetation and land use. As a result we got to 433,237.47 ha with optimum productive potential for mahogany, cedar 337,805.52 ha, 748,790.81 and 678,029.84 ha ha sacchaca ciricote. Where soil units more appropriate for these species are: luvisol chromic pellustert, and rendzina chromic vertisol. Forest soils should be managed in monoculture, but in mixed farming or agroforestry systems, as the association of crops like corn, beans, jicama, or the inclusion of small animals such as sheep for fattening, the proposed introduction of agroforestry systems or association different tree species like mahogany - sacchaca, cedar - sacchaca.

Key words *vertisol, luvisol, rendzina, cedar, sacchaca.*

Introducción

El estado de Quintana Roo tiene condiciones para la producción forestal, por sus condiciones edáficas, principalmente en la región de Othón P. Blanco, donde existe una gran diversidad ecológica, la que se puede regionalizar delimitando espacios geográficos relativamente homogéneos en función del medio físico y biológico, donde son relevantes el suelo, clima y la vegetación, de tal manera que se pueda

establecer una adecuada vinculación con el uso y apropiación del territorio por parte de la sociedad (Mendoza *et al.*, 2009).

En los últimos años la presencia de plantaciones forestales comerciales como proveedoras de madera en el mundo se han incrementado, y estas podrían cubrir hasta en un 40% de la demanda de madera (FAO, 2008).

El objetivo del estudio fue la determinación del potencial productivo de los suelos, para plantaciones forestales, para cuatro especies de la región caoba (*Swetenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), sacchaca (*Dendropanax arboreus*), ciricote (*Cordia dodecandra*)

Materiales y Métodos

La metodología aplicada para la determinación de las áreas potenciales por medio de la regionalización natural propuesta en el método del Modelo de Capacidad, Adecuación y Viabilidad de Uso de Hills (Gómez, 2001) y el análisis multi criterio (Eatsman, 2001), los indicadores ambientales incluidos fueron clima, vegetación, tipo de suelo y el uso del suelo; estos indicadores fueron procesados y analizados mediante un SIG usando el software comercial ArcView Gis 3.2.

En el modelo de capacidad, adecuación y viabilidad de Uso de Hills, es una técnica que se basa principalmente en el potencial de los recursos renovable y si es viable llevar a cabo el cambio de uso del suelo en base a criterios científicos (Gómez, 2001). El territorio o área de estudio se clasifica en zonas climáticas, subzonas, clases y divisiones. A su vez se determinan los usos de suelos potenciales.

Las técnicas de análisis para la toma de decisión multi criterio requieren, que cada criterio se estandarice, se le asigne un valor de importancia con respecto a los demás criterios, y finalmente se evalúe en conjunto, con lo que se obtiene una evaluación de cada alternativa estudiada (Eastman, 1993). Para el análisis multi criterio se tomaron en cuenta cuatro indicadores: el tipo de suelo, precipitación, tipo de vegetación y el uso del suelo. Se le dio un peso más alto al suelo por que esto determina en donde crecen las especies.

En la aplicación de ambas técnicas tanto en la de Uso de Hills como en la multicriterio, se uso información geográfica digitalizada generada por el INEGI 1:250,000, también se usaron mapas digitales de clima, vegetación, suelos y uso de suelo, áreas naturales protegidas.

De acuerdo con la técnica de análisis multicriterio se le asigno una calificación máxima al subsistema ambiental de 50. La distribución de estos 50 puntos entre los criterios seleccionados quedo de la siguiente manera: suelos 30 puntos, precipitación media 10 puntos, tipo de vegetación 10 puntos y uso del suelo 10 puntos.

Se corroboró la información generada en las dos técnicas, pero se hicieron en dos fechas distintas; para el Método de Capacidad y Viabilidad de Uso de Hills los muestreos en campo se hicieron en Enero del 2009, se levantaron un total de 90 sitios de muestreos. Para el análisis multi criterio se llevo a cabo en noviembre del 2009, se levantaron 50 sitios de muestreo, en el cual se clasifico el tipo de vegetación existente en el sitio.

Resultados y Discusión

La región Othón P. Blanco, se encuentra ubicada en el centro y Sur del estado de Quintana Roo, que comprende los municipios de Othón P. Blanco, Felipe Carrillo Puerto y José María Morelos (Figura 1). Los tres municipios tienen una extensión total de 39,176.16 km². El clima prevaleciente es el cálido húmedo con una temperatura media de 25 °C y por las distintas precipitaciones se presentan tres subtipos AW0, AW1 y el AW2. La vegetación dominante es la selva mediana subperenifolia. Los suelos predominantes son las Rendzinas, Regosoles, de manera secundaria están los Vertisoles y Luvisoles (INEGI 2002).

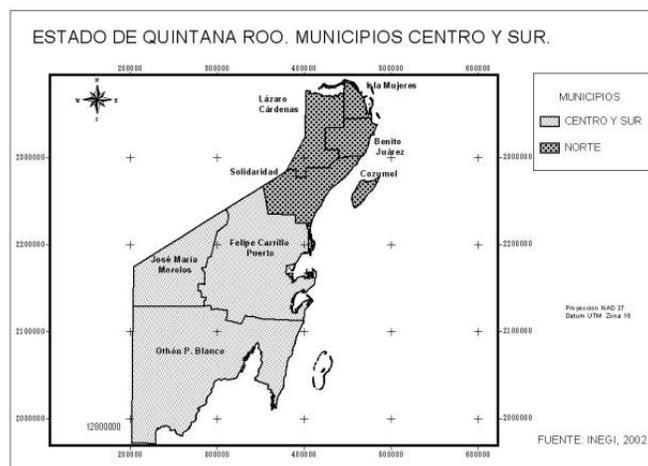


Figura 1. Ubicación geográfica de la región de estudio

Existen tres regiones fisiográficas la Provincia Karst y Lomeríos de Campeche, El Karst Yucateco y la Costa Baja de Quintana Roo. El uso del suelo que se presenta con mayor frecuencia es el manejo forestal (INEGI, 2002).

Las especies forestales nativas para analizar son cuatro, son especies representativas e idóneas para plantaciones forestales: caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), ciricote (*Cordia dodecandra*) y sacchaca (*Dendropanax arboreus*). Los criterios de selección fueron el mercado, que fueran nativas y que existiera un manejo silvícola de la especie en bosques naturales.

En el Cuadro 1 se muestran los requerimientos ambientales necesarios para su buen desarrollo y crecimiento para cada una de las especies analizadas. En el Cuadro 2 se ilustra la regionalización del uso del suelo, usando en método de Hills.

Cuadro 1 Indicadores ambientales de las cuatro especies forestales tropicales.

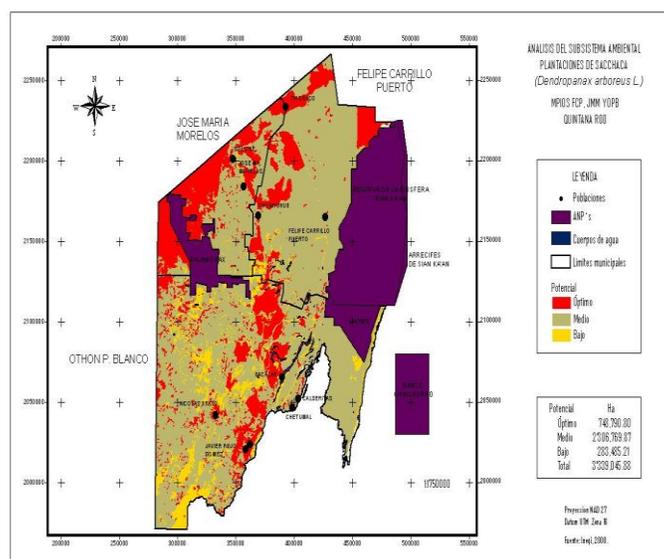
Concepto	Especie 1	Especie 2	Especie 3	Especie 4
Nombre común	Sacchaca	Caoba	Cedro	Ciricote
Nombre científico	<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Cedrela odorata</i>	<i>Cordia dodecandra</i>
Temperatura media	26	23 - 28	25	25.9
Precipitación	650 - 1200	1500 - 5000	1200 - 4000	1000
Suelos	Luvisol crómico	Vertisol pelico	Rendzinas y Vertisol pelico	Vertisol crómico , Rendzina
Altitud	0 - 1500 msnm	0 - 750	0 - 1000	0 - 500
Tolerante	Si	Si	No	No
Crecimiento altura m	2.84	1.6	0.822	2.48
Crecimiento diámetro cm	4.7	1.25	2.33	

Fuente: CONAFORT – SIRE, 2001, 2007, 2009.

Tabla 2. Uso del suelo obtenido en la región de Othón P. Blanco aplicando el modelo de Hills

	Agricultura	Ganadería	Conservación	Manejo Forestal	Áreas Urbanas	Cuerpos de agua	Total
	ha						
Felipe Carrillo Puerto	7,282.61	8,037.32	6,496.59	973,186.45	2,030.67	319.67	997,333.3
José María Morelos	14,253.59	25,864.35	1,247.87	510,398.21	956.60	0.00	552,720.6
Othón P Blanco	225,331.32	74,550.20	117,056.39	1,364,722.34	4,467.89	2,844.80	1,788,972.
Total	246,867.52	108,451.87	124,800.85	2,848,307.00	7,455.16	3,164.47	3,339,046.

Las especies que tienen más potencial son **Ciricote** (*Cordia dodecandra*), y **Sacchaca** (*Dendropanax arboreus*), Figura 2. En el Cuadro 3, se muestran las áreas potenciales para las cuatro especies en estudio de acuerdo con las condiciones de suelo y clima.

**Figura 2. Subsistema ambiental para plantaciones de sacchaca.****Cuadro 3 Áreas potenciales para plantaciones de acuerdo con las condiciones ambientales.**

Especies	Bajo	Medio	Óptimo	Total
	Ha			
Caoba	294,183.88	2,611,624.54	433,237.48	3,339,045.90
Cedro	855,983.35	2,145,257.04	337,805.52	3,339,045.90
Ciricote	507,606.86	2,153,409.19	678,029.84	3,339,045.90
Sacchaca	283,485.21	2,306,769.88	748,790.81	3,339,045.90

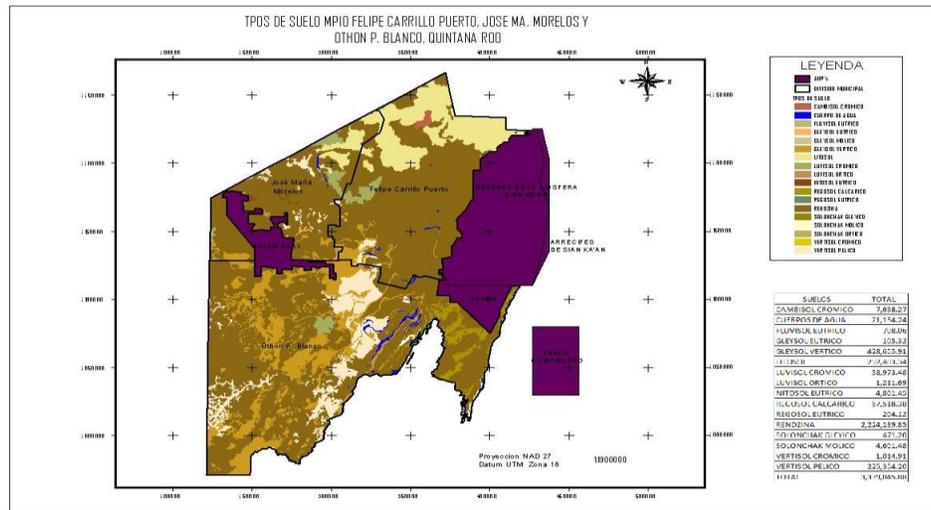


Figura 3. Mapa de unidades de suelo.

En el mapa anterior se observa que las unidades de suelos que favorecen el uso forestal, por su extensión: Rendzina, Gleysol, vertisol, Luvisol y Regosol, además de otras unidades que tienen menor cantidad de ha.

Conclusiones

En 3 203 626.39 ha del territorio podemos desarrollar la actividad de plantaciones, debido a que se tienen las condiciones óptimas de clima, suelo, vegetación para el establecimiento de plantaciones forestales comerciales. Existen 433,237.47 ha con potencial óptimo para caoba, 337,805.52 ha para cedro, 678,029.84 ha para ciricote y 748,790.81 ha para sacchaca. El municipio con mayor superficie óptima es Othón P. Blanco, seguido de José María Morelos. La especie que presenta una mayor adaptabilidad a las condiciones de suelo y ambientales es sacchaca porque existen 748,790.81 ha óptimas en los tres municipios del Estado de Quintana Roo. Una de las limitantes para el establecimiento de las plantaciones forestales comerciales son el uso del suelo el cual es de manejo forestal, no es viable la sustitución de selvas por plantaciones forestales. Los suelos forestales no se deben manejar en monocultivo sino en policultivo o sistemas agroforestales.

Literatura citada.

- CONAFOR. 2001. SIRE-Paquetes Tecnológicos Cordia dodecandra.
 CONAFOR. 2007. SNIF- Paquetes Tecnológicos Swietenia macrophylla.
 CONAFOR. 2007. SNIF- Paquetes Tecnológicos Cedrela odorata.
 CONAFOR. 2009. SIRE-Paquetes Tecnológicos Dendropanax arboreus.
 Eastman, J. R., P. A. K. Kyem, J. Toledano y W. JIN. 1993. GIS and Decision Making. UNITAR, Genova. 453 – 461.
 FAO. 2008 La Situación de los Bosques del Mundo. ONU. Roma. Italia. 158pp.
 Gómez O., D. 2001. Ordenación territorial. Ediciones Mundi-Prensa/Editorial Agrícola Española. Madrid, España. 704 pp.
 INEGI. 2002. (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). Internet, Página WEB www.INEGI.gob.mx .
 Mendoza M., H. Placencia, P. C. Alcántara, F. Rosete y G. Bocco. 2009. Análisis de la aptitud territorial. Una perspectiva biofísica. SEMARNAT- INE-UNAM-CIGA. México, DF. 141 pp.

POTENCIAL PRODUCTIVO DE CULTIVOS ALTERNATIVOS EN LA CUENCA DE ZAPOTLAN EL GRANDE, JAL.

Castañeda-Saucedo, Ma. Claudia¹, Tapia Campos Ernesto², Soria Ruiz Jesus³, Núñez Maciel Octavio¹

¹Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara. E-mail:claudia.saucedo@cusur.udg.mx.

²CIATEJ. E-mail:etapia@colpos.mx. ³ INIFAP-Toluca. E-mail: jsoriar@yahoo.com.

Resumen

Como parte de las estrategias para la reconversión productiva agropecuaria y forestal los estudios de potencial productivo de cultivos han tomado auge en los últimos años. En Ciudad Guzman y Gómez Farías el 88.2 y 90.6%, lo cubren cuatro cultivos de los cuales el maíz abarca en promedio 61%, lo que muestra la necesidad de conocer el potencial de nuevos cultivos alternativos que permitan generar ganancias a esta región. El objetivo del presente trabajo fue determinar el potencial de cultivo de granada, guayaba, durazno, aguacate y berries (zarzamora, frambuesa y arándano) en la cuenca de Zapotlán el Grande. Para la elaboración de los mapas, se analizaron los requerimientos de las diferentes cultivos y las características edafó-climáticas de la zona, para determinar las áreas geográficas con tres niveles de potencialidad (muy bueno, medio y bajo); todo ello, a partir de un Sistema de Información Geográfico, utilizando Arc Map 9.0 ESRI ArcGis 9.2. Los resultados indican que en la Cuenca de Zapotlán el Grande existe muy buen potencial de cultivo en 2782, 28280, 5724, 7565, 5771, 3891 y 2298 ha para el aguacate, granada, arándano, zarzamora, frambuesa, durazno y guayaba, respectivamente, en condiciones de temporal. No obstante, si se considera que existe disponibilidad de agua para riego, la superficie de muy buen potencial se incrementa en todos los cultivos excepto en frambuesa y durazno. Lo que demuestra que la Cuenca de Zapotlán el Grande existe la posibilidades de impulsar la diversificación de cultivos alternativos, aunque aguacate, y los berries son cultivos de alta inversión, también están tomando gran importancia a nivel nacional e internacional.

Palabras clave: *aguacate, granada, SIG, berries*

Abstract

As part of strategies for agricultural and forestry productive conversion studies about productive potential of crops are taking relevance in recent years. the potential of crops have been taken boom in recent years. In Ciudad Guzman and Gómez Farías the 88.2 and 90.6%, of the agricultural area are covered for four crops of which maize covers on average 61 per cent, which shows the need to know the potential of alternative crops to generate profit in this region. The purpose of this study was to determine the potential of crops of pomegranate, guava, peach, avocado and berries (blackberry, raspberry and blueberry) in the basin of Zapotlán el Grande. The elaboration of maps were developed using the requirements of this crops and edafic and climatic characteristics of the zone. The data were analyzed in order to establish the geographic areas in base of their level of potentiality (very good, medium and low), the analysis were realized with the software of geographic information system Arc Map 9.0 ESRI ArcGis 9.2. The results indicate that in the basin of Zapotlán el Grande under rain conditions there is a very good potential in 2782, 28280, 5724, 7565, 5771, 3891 and 2298 ha for avocado, pomegranate, blueberry, BlackBerry, raspberry, peach and guava respectively; however, if is considered the availability of irrigation water, the surface of very good potential increases in all crops except in Raspberry and peach. Which shows that the basin of Zapotlán el Grande there is the possibility of promoting the diversification of crops; although, avocado and berries are crops of high investment; also they are fruit crops which are taking great importance to national and international levels.

Key words: *avocado, pomegranate, GIS, Berries*

Introducción

Las especies vegetales de interés agrícola han sido seleccionadas a lo largo de la historia, de acuerdo con sus posibilidades de producir alimentos de forma rentable. Esta condición ha impuesto tal cantidad de restricciones, que solamente unas pocas especies de plantas superiores, entre las más de 250,000 especies existentes, han podido ser objeto de agricultura extensiva. Se calcula que el hombre a lo largo de la historia ha cultivado unas 3000 especies para fines alimentarios de las que solamente unas 150 lo han sido a escala comercial. Hoy en día, la alimentación mundial está basada en 20 cultivos principales, de los cuales 4 de ellos (caña de azúcar, maíz, arroz y trigo) representan el 61% de la producción agrícola mundial (Guillén, 2005). Existen casos en que la sobreproducción de algunos cultivos provoca una sobreoferta, provocando abandono de tierras de cultivo, mercados limitados, bajos precios, etc. por lo que es necesario pensar en cultivos alternativos (Guillen, 2005).

El estado de Jalisco sobresale a nivel nacional en el sector agropecuario, siendo una de las principales actividades económicas a nivel estatal (OEIDRUS, 2007). En la Cuenca de Zapotlán, particularmente en el municipio de Zapotlán el Grande el 52 % de la superficie total municipal corresponde a superficie destinada a el área agrícola (INEGI, 2005a); de la cual el 88.2 % se concentra en cuatro cultivos: maíz, pastos, sorgo y alfalfa con (58.7, 21.2, 5.6 y 2.7%) (OEIDRUS, 2007b). El municipio de Gómez Farías el 24% de la superficie es destinada a el área agrícola; de igual manera, presenta la misma tendencia que ciudad Guzmán entre cuatro cultivos ocupan el 90% de la superficie agrícola: maíz, pasto forrajero, agave y aguacate con (61, 18.5, 7.7 y 3.41 %, respectivamente) (OEIDRUS, 2007b). Es importante resaltar que del 100% de la superficie agrícola de riego de Ciudad Guzmán y Gómez Farías el 60% y 87 %, respectivamente está destinado a cuatro cultivos en cada uno de los municipios; en Ciudad guzmán son: alfalfa, pastos, elote y tomate, y para Gomez Farías son: cártamo, cebada pastos y alfalfa (OEIDRUS, 2007b). Por lo que claramente se observa que la diversificación de cultivos tanto en riego como en temporal es pobre.

Como parte de las estrategias para la reconversión productiva agropecuaria y forestal en México, los estudios potencial de cultivo han tomado auge en los últimos años (Ruiz *et al.*, 2005). Estos estudios se iniciaron en el marco de un proyecto nacional de potencial productivo ejecutado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (Medina *et al.*, 1997; citado por Ruiz *et al.*, 2005). Estos trabajos no son estáticos, sino que, conforme se cuenta con mayor o más precisa información, en formato digital para su uso en la computadora por medio de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se pueden generar nuevos mapas de las áreas con potencial de cultivo, con mayor resolución y precisión. La disponibilidad de información estadística y cartográfica con relación al medio físico y potencialidades agrícolas de las diversas regiones agroecológicas de Jalisco, ha sido tradicionalmente limitada y con actualización irregular (Ruiz *et al.*, 2005).

Existen ciertos productos agrícolas, que a pesar de no ser líderes en México están cobrando relevancia en el sector o tienen gran potencial, ya sea por el crecimiento constante que presentan o bien por el área idónea para la producción (OEIDRUS, 2007). Tal es el caso de los cultivos que se analizan en este estudio de los cuales no existen reportes de su potencial productivo en el sur de Jalisco y que se está observando cierto crecimiento de ellos en esta región. Con este estudio se reportan los lugares con bajo y medio y muy buen potencial de estos cultivos y que pueda ser un respaldo para los productores que deseen establecer este tipo de cultivos y asegurar que el lugar donde se van a establecer esos cultivos sea el adecuado. Otra razón importante para realizar un giro en la producción agrícola tradicional es que la Cuenca de Zapotlán cuenta con sistemas de riego los cuales son empleados en 22.5 % y 6.6 % en pastos y maíz respectivamente, cultivos que no son rentables (OEIDRUS-Jal 2007) y que hasta cierta manera se desaprovecha la oportunidad de establecer cultivos alternativos altamente rentables los cuales puedan generar mejores beneficios económicos para los productores. El objetivo del presente trabajo es determinar el potencial de cultivo de granada, guayaba, durazno, aguacate y berries (zarzamora, frambuesa y arándano) en la cuenca de Zapotlán el Grande.

Materiales y Métodos

Se realizaron recortes de los municipios de Zapotlán el Grande y Gómez Farías del área de influencia del estudio a partir del marco geoestadístico municipal (INEGI, 2005b) con el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (ESRI, 2008). Los parámetros edafoclimáticos utilizados en el presente trabajo de investigación se obtuvieron de la base de datos ambiental digital del INIFAP, las variables utilizadas son: temperaturas máximas y mínimas, precipitación y evaporación de un periodo de 1961-2003 (obtenidas de la red de estaciones de la Comisión Nacional del Agua), variables topográficas y edáficas, obtenidas a partir de las cartas edafológicas escala 1:50,000 y el modelo de elevación digital (INEGI, 2003). Los parámetros utilizados en el proceso de identificación de áreas potenciales, según la especie frutal, fueron: la temperatura máxima, mínima, media anual, precipitación acumulada promedio anual, altitud, pendiente del terreno, tipo de suelo, textura de suelo y profundidad. Para la elaboración de los mapas (los cuales no se incluyen por espacio), se conjuntaron los requerimientos edafoclimáticos de las diferentes especies frutales, y con las bases de datos ambiental digital del INIFAP se procedió a la determinación de áreas geográficas con tres niveles de potencialidad (muy bueno, medio y bajo potencial); todo ello a partir de un Sistema de Información Geográfica, utilizando Arc Map 9.0 ESRI ArcGIS 9.2 (ESRI, 2004 y ESRI, 2008).

Resultados y Discusión

En el sur de Jalisco existe muy buen potencial de cultivo para el aguacate, bajo condiciones de temporal se encontró una superficie de 2782 y 22979 ha con muy buen y medio potencial, respectivamente (Cuadro 1); en contraste, si consideramos que el agua no es una limitante y que existe disponibilidad de agua para riego la superficie con muy buen y mediano potencial se incrementa hasta 25 769 y 37256 ha para los municipios de Gómez Farías y Ciudad Guzmán, lo que representa una alternativa de producción para el sur de Jalisco, ya que México es el principal productor y exportador de aguacate a nivel mundial y es uno de los cultivos más importantes para México ya que genera gran cantidad de empleos y divisas económicas para el país. De las plantaciones comerciales de aguacate existentes en el estado de Jalisco, sólo un 11.5% fueron establecidas antes del año 2000, el resto, es de reciente desarrollo. A partir del año 2001 comenzó el crecimiento constante en este cultivo en Jalisco. El rendimiento estimado de Zapotlán el Grande y Gómez Farías para productores con producción ya establecida es de 15 a 25 toneladas/ha. En contraste OEIDRUS-Jal, 2007 reporta rendimientos promedios de 11.28 para Michoacán y 8.25 ton/ha para Jalisco. El crecimiento exponencial en el sur de Jalisco establece expectativas de que esta actividad contribuya en el mediano y largo plazo al desarrollo regional.

Respecto a granada existe una superficie de 56713 y 63,002 ha con muy bueno potencial para temporal y condiciones de riego, respectivamente (Cuadro 1), lo que representa, una gran alternativa de producción para los productores, teniendo la confianza de que tanto el clima como las condiciones de suelo son las adecuadas para el cultivo. El cultivo de la granada en el sur de Jalisco es incipiente, se tienen registradas 40 ha; las cuales, en su mayoría no se les da en manejo adecuado, ya que es considerado como un cultivo que no requiere de mucha atención e inversión, también existen árboles de traspatio para satisfacer las necesidades de autoconsumo obteniendo y procesando su producto de manera muy artesanal. Las variedades que se siembran en la región son las ácidas y agrídulces destinadas para preparar ponche el cual es el principal uso de este fruto en la región y las granadas dulces que son reservadas al consumo en fresco. Sin embargo, la granada es muy apreciada a nivel internacional por sus cualidades nutritivas, es ampliamente considerada como una fruta "saludable" debido a su acción biológica en gran medida atribuida al contenido de polifenoles (Lansky and Newman, 2007), por lo que ha sido usada por sus propiedades medicinales desde hace siglos en las culturas antiguas para prevenir varias enfermedades (Mertens-Talcott *et al.*, 2006). En la actualidad, el principal uso de la granada es su consumo en fresco, aunque en los últimos años se ha incrementado constantemente la industrialización para la obtención de zumos y extractos de sus diferentes partes (Melgarejo, 2010). Los productos comercializados derivados de la granada están siendo paulatinamente más conocidos, si bien todavía hay mucho camino por recorrer. Hoy en día muchos de estos productos son considerados como auténticos artículos de lujo, tanto por sus

propiedades benéficas como por sus características organolépticas, los cuales están adquiriendo cada día mayor demanda.

Cuadro 1. Potencial de cultivo de aguacate, granada, arándano, zarzamora, frambuesa, durazno, y guayaba en condiciones de temporal y riego en la Cuenca de Zapotlán el Grande Jal.

Cultivo	Potencial en Temporal			Potencial en Riego		
	Muy buen	Medio	Bajo	Muy buen	Medio	Bajo
Aguacate	2782	22979	37554	25769	37256	290
Granada	28280	28433	7021	28280	34722	733
Arándano	5724	22903	34688	28627	34275	413
Zarzamora	7565	29918	25832	37484	24576	1255
Frambuesa	5771	23582	33963	5771	56998	546
Durazno	3891	54913	4510	3891	54913	4510
Guayaba	2298	42413	18603	22020	40957	338

Respecto a los berries muestran un buen potencial de cultivo en 5724 ha, 7565 ha y 5771 ha para arándano, zarzamora y frambuesa, respectivamente en condiciones de temporal en la Cuenca de Zapotlán; sin embargo, si hubiera agua disponible la superficie con muy buen potencial se incrementa en los tres cultivos. Los "berries" son productos agrícolas que han presentado un crecimiento sostenido con importantes tasas de crecimiento en la zona de Michoacán y Jalisco en los últimos diez años, con un mayor desarrollo en zarzamora y con una alta demanda a nivel mundial. La ventaja competitiva más valiosa de México es la producción contra estación, es decir, cuando en México se produce, en el resto del mundo no hay producción (García *et al.*, 2006). El arándano se consume tradicionalmente en EEUU y Canadá, y algunos países europeos como Italia, Inglaterra, Alemania y Holanda, además de Japón (NIDETEC, 2006). Para el mercado de estas frutillas una excelente opción es Japón ya que en base al acuerdo internacional de mercado con Japón, la zarzamora está libre de tarifas arancelarias y además no existen barreras fitosanitarias que impidan su exportación. Esta fruta es aprovechada en la alimentación japonesa ya que de acuerdo con sus creencias, tienden a mejorar la salud y longevidad. Todos los berries contienen un alto contenido de antioxidantes, los cuales son benéficos para la salud, razón por la cual la importación de berries en Japón ha incrementado en un 22% de 2002 a 2005 (García *et al.*, 2006).

Para el caso de la guayaba muestra un buen potencial de cultivo de 2298 ha en condiciones de temporal, en contraste si se contara con agua para riego la superficie con buen potencial sería de 22020 ha. La guayaba mexicana es otro cultivo que tiene amplias expectativas de crecimiento en su producción y comercialización en el mercado interno y externo, es una de las 50 especies frutales más conocidas a nivel mundial, en tanto que las tendencias estadísticas indican que en un futuro inmediato este producto será uno de los principales en los mercados del mundo por la preferencia de los consumidores (Landeros, 2005). La guayaba es considerada como la "fruta reina", por ser la más nutritiva. Es la única fruta conocida hasta hoy que contiene 16 vitaminas; ocupan el tercer lugar en su contenido de vitamina C y pectina. Igualmente ha sido reconocida por la ONU, como un producto alternativo, para superar la crisis alimentaria y el desempleo en los países en vía de desarrollo. La producción de guayaba casi se ha cuadruplicado (3.8 veces) en los últimos diez años, de 1,927 a 7,414 toneladas (SAGARPA, 2008).

En el caso del durazno el área con muy buen potencial es de 3891 ha, tanto en condiciones de temporal como en condiciones de riego. Este cultivo se ha consolidado como una verdadera alternativa frutícola de gran importancia principalmente porque es posible lograr la cosecha desde los meses de enero a mayo. Se reportan 70 ha en el municipio de Zapotlán, el cultivo de durazno tuvo su mayor expansión durante el periodo de 2001 a 2004 y el 78% de los productores se ha visto afectado en alguna ocasión por heladas y granizos (OEIDRUS-Jal 2007), sin embargo se abandono ya que las áreas donde se establecía no eran las adecuadas. Por lo anterior, la selección adecuada de especies para una región implica ventajas en el manejo del cultivo, ya que producir una especie fuera de su ambiente óptimo encarece la tecnología de producción, pérdidas económicas a consecuencia de factores ambientales, asimismo se reduce el rendimiento y calidad de las cosechas. Por ello, el conocer el potencial de las áreas agrícolas de cualquier

región, es la base para el desarrollo de una agricultura menos vulnerable y con mayores posibilidades de éxito (González *et al.*, 1998).

Conclusiones

Existen áreas con muy buen potencial de cultivo para el aguacate, granada, arándano, zarzamora, frambuesa, durazno y guayaba en 2782, 28280, 5724, 7565, 5771, 3891 y 2298 ha, respectivamente, lo que demuestra que la Cuenca de Zapotlán el Grande tiene posibilidades de impulsar la diversificación de cultivos alternativos.

Literatura Citada

- ESRI 2004 ® ArcMap™ 9.0, License Type: Arc Info Copyright © 1999-2004 ESRI Inc.
- ESRI. 2008. ArcGis 9.2 Desktop Tutorial. Maps and geographic Information Systems. University of Arkansas Libraries. USA.
- García G. B. E., García E. O., Gastelúm, R. A., Morales T. C. 2006. Plan de Exportación de moras hacia Japón. VI. Diplomado de comercio Exterior, Bancomext, Universidad Don Vasco, Uruapan Michoacán, México.
- González A.I.J., Ruiz C.J.A., Martínez P.R.A., Byerly M.K.F., Mena H. L. y Osuna G.J.A. 1998. Determinación del potencial productivo de especies vegetales para el Municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. Folleto de Investigación No. 16. SAGARINIFAP-CIRPAC. Santiago Ixcuintla, Nayarit. México. 57 p.
- Guillén S. O. 2005. El uso de cultivos energéticos en México. Revista Energía a Debate. http://www.energiaadebate.com.mx/Articulos/junio-julio2005/junio_2005.htm
- INEGI. 2003. Curvas de Nivel Escala 1:50,00 (Cobertura Estado de México), INEGI, Aguascalientes, México.
- INEGI 2005a. Carta de Uso del Suelo y Vegetación, 1:250 000. Serie III.
- INEGI. 2005b. Marco Geostadístico Municipal (MGM 2005). INEGI, Aguascalientes, México.
- Landeros S. 2005 Tiene potencial la guayaba mexicana para acceder a los mercados mundiales. In: V Sesión Ordinaria del Consejo Mexicano para el Desarrollo Rural Sustentable, SAGARPA, México, D.F
- Lansky, E.P., and Newman R.A. 2007. *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. J. Ethnopharmacol. 109:177-206.
- Melgarejo M. P. 2010. Conferencia general: el granado, su problemática Producción, economía, industrialización, alimentación y salud y usos. in el Granado, Pablo Melgarejo Moreno, Francisca Hernández García y Pilar Legua Murcia (eds) I Jornadas Nacionales sobre el granado. Escuela Politécnica Superior de Orihuela Universidad Miguel Hernández de Elche
- Mertens-Talcott, S.U., Jilma-Stohlawetz P., Ríos J., Hingorani L., and Derendorf H. 2006. Absorption, metabolism and antioxidant effects of pomegranate (*Punica granatum*) polyphenols after ingestion of a standardized extract in healthy human volunteers. J. Agric. Food Chem. 54:8956-8961.
- NIDETEC, B. 2006. El Cultivo de Arándanos. Material Preparado por el Departamento Técnico: <http://www.nidetec.com/sites/nidetec/documentos/EL%20CULTIVO%20DE%20ARANDANOS.pdf>.
- OEIDRUS- Jal (Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS), Jalisco) 2007. Padrón de productores de: aguacate, durazno y limón persa (<http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/>).
- OEIDRUS, 2007b. Anuario estadístico de la producción agrícola de los municipios de Zapotlán en Grande (Ciudad Guzmán) y Gómez Farías. <http://www.oeidrus-jalisco.gob.mx/> consultado el 23 de abril de 2009.
- Ruiz C. J. A., Valdez D. L. E., Flores L. H. E., Medina G. G., Ramírez D. J. L., Perez D. J. F., Aceves R. J. J., González Á. A., Soltero D. L., Medina O. S., Regalado R. R., Chávez C. J. R., Díaz M. P., Santiago D. C., del Toro C. F. 2005. Potencial productivo agrícola de la región sur de Jalisco. INEGI. México. 252p.
- SAGARPA, 2008. Plan Rector de la Guayaba. Consulta realizada en la siguiente dirección electrónica: <http://www.amsda.com.mx/PREEstatales/Estatales/EDOMEX/PREguayaba.pdf> el 27 de enero de 2009

PRODUCCIÓN DE HOJARASCA Y CAMBIOS TEMPORALES DE MANTILLO EN SUELO EN UNA SELVA MEDIANA SUBCADUCIFOLIA EN PUTLA VILLA DE GUERRERO, OAXACA

¹Rojas-Pérez, Gabriela Guadalupe; ¹Ríos-Gómez, Ramiro; ²Solano Camacho, Eloy; ²López Martínez, María de la Luz

¹Laboratorio de Restauración de Suelos. ²Herbario FESZA. Unidad de Investigación en Sistemática Vegetal y Suelo, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Proyecto financiado por DGAPA-PAPIIT IN225210-3. E-mail: nodigoqueno_2308@hotmail.com, riosgr55@yahoo.com.mx

Resumen

Fue cuantificada la producción de hojarasca en una selva mediana subcaducifolia mediante colectores situados al azar en el sitio. Las recolectas de hojarasca se realizaron cada mes aproximadamente durante un año (15-marzo-2009/14-marzo-2010). Para estimar los cambios temporales del mantillo se registró su peso recolectado bajo cada uno de los colectores en cuatro fechas de muestreo del mismo año en estudio: muestreo inicial (marzo), abril (época seca), junio (al inicio de la época húmeda) y octubre (al final de la época húmeda). Fueron separados los diferentes componentes de la hojarasca y mantillo. Los pesos registrados de hojarasca y mantillo en las diferentes fechas de muestreo fueron sometidos a la prueba estadística ANDEVA. La producción total de hojarasca fue de 12.826 ton/ha/año, cuya composición fue la siguiente: 55.30% hojas, 20.67% ramas, 16.80% flores, 6.83% frutos y 0.40% corteza. Se encontraron diferencias significativas ($P= 0.8141$) en el desfronde, siendo mayor en la época seca. El peso inicial de mantillo fue 28.966 ton/ha y el final de 20.783 ton/ha, desapareciendo así el 28.25%. El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($P= 0.1879$) respecto al mantillo, siendo en octubre donde menor cantidad de mantillo se registró. La tasa de descomposición en el mes de abril, junio y octubre fue -0.57, -0.30 y -0.71 respectivamente.

Palabras clave: *Desfronde, Hojarasca, Mantillo.*

Abstract

The production of the fallen leaves was quantified in the medium semideciduous forest by means of collectors situated by chance in the place. The collection of the fallen leaves was made each month approximately during a year (from 15-march-2009 to 14-march-2010). To calculate the surface litter's seasonal changes was to registered its weight, recollected under each one of the collectors on four dates of sampling in the same studied year: the initial sampling in the moment of install the collectors (March), April (dry age), June (at the humid age's beginning) and October (at the humid age's end). The different fallen litter and surface litter's components was separated. The weights registered of the fallen leaves and surface litters in the different dates of the sampling were subjected to a statistic test called ANOVA. The total production of the fallen leaves was 12.826 ton/ha/yr and its composition is the next: 55.30% leaves, 20.67% branches, 16.80% flowers, 6.83% fruits and 0.40% bark. Surface litter: 57.72% humus, 23.77% branches, 13.32% leaves, 3.86% fruits, 0.95% flowers y 0.38% bark. Were found significant differences ($P=0.1879$) in the litter fall, been bigger in the dry age. The initial weight in the surface litter was 28.966 ton/ha/yr and at the end 20.783, disappeared 28.25%. The statistic analysis shown significant differences about the surface litter, been on October the month in which the smaller quantity was registered. The rate of decomposition on April, June and October was -0.57, -0.30 y -0.71 respectively.

Key Words: *Litter fall, Fallen leaves, Surface litter.*

Introducción

La producción de hojarasca representa un componente fundamental en la productividad primaria de los ecosistemas (Prause et al., 2003) y su estimación constituye la base fundamental para el entendimiento de la capacidad de almacenamiento de biomasa (Granados y Corner, 2004) por tal motivo ha sido utilizada como una medida de productividad primaria (Arenas, 1995). El mantillo juega un papel fundamental en el

ecosistema, ya que aporta una gran cantidad de materia orgánica al suelo, además de ser uno de los almacenes de nutrientes más trascendental, junto con la hojarasca y el suelo. Además, la caída y descomposición de la hojarasca muestran patrones temporales que reflejan variaciones ambientales (Clark et al., 2001). En las últimas décadas la vegetación del trópico mexicano ha sido transformada a consecuencia del cambio de uso de suelo (Zamora et al., 2008). Para llevar a cabo la búsqueda de las soluciones a la problemática de la selva mediana subcaducifolia y comprender su funcionamiento en el municipio de Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, es necesario estudiar algunos procesos ecosistémicos, como pueden ser la velocidad de descomposición del mantillo y el desfronde que se presenta a través del tiempo. El presente estudio tiene como objetivo examinar el desfronde de esta cobertura vegetal y los cambios temporales del mantillo para diseñar propuestas de manejo que conduzcan a su conservación.

Materiales y Métodos

Hojarasca: El desfronde se midió al pesar la hojarasca capturada en 15 trampas de 1m². El material aportado por la vegetación se recolectó aproximadamente cada mes durante un ciclo anual (15-marzo-2009/14-marzo-2010). Cada muestra fue trasladada al laboratorio en bolsas de plástico, secadas al aire y pesadas individualmente. Posteriormente se procedió a la separación de sus diferentes componentes (hojas, ramas, frutos, flores y corteza). Con los datos obtenidos se realizaron gráficas para conocer la dinámica de sus componentes a lo largo del año. Para determinar la presencia de diferencias significativas en la caída de hojarasca con respecto a las épocas del año, se realizó un análisis de ANDEVA mediante el programa Statgraphics Plus.

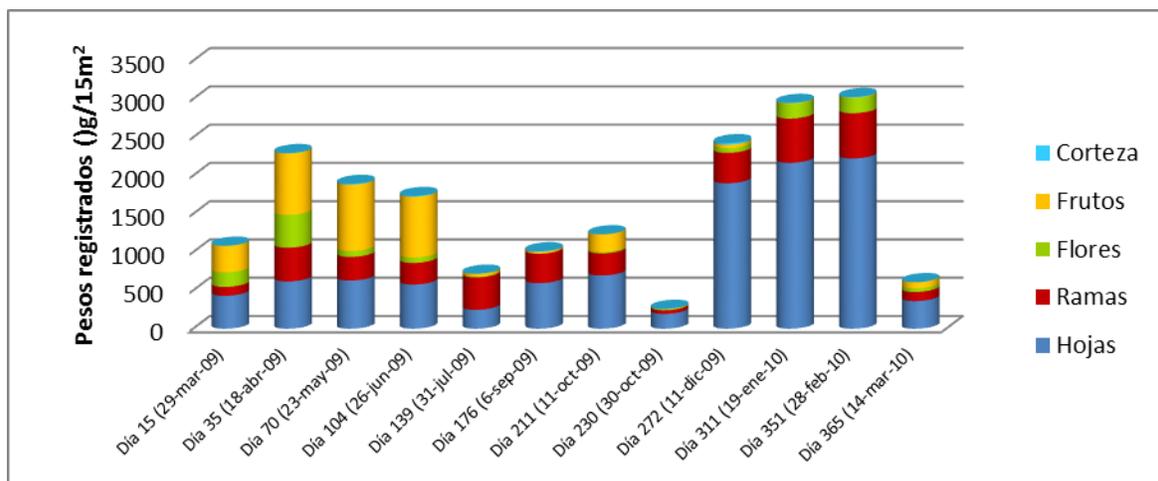
Mantillo: Para estimar el cambio temporal del mantillo se registró la variación de su masa bajo cada una de las 15 trampas en cuatro fechas a lo largo del año: en marzo, momento en que se colocaron las trampas; abril, en plena época seca; junio, inicio del periodo de humedad y octubre, al final de la época húmeda. Para el muestreo de mantillo, el área bajo cada una de las trampas fue dividida imaginariamente en cuatro cuadrantes que corresponden a cada una de las fechas de muestreo. La muestra de mantillo fue recogida utilizando un muestreador de 20 X 20 cm de lado (400cm²). El mantillo recolectado de cada sitio fue colocado en bolsas de plástico debidamente etiquetadas y bajo estas condiciones fue trasladado al laboratorio, donde fueron secadas al aire para posteriormente separar y pesar sus componentes (humus, hojas, ramas, flores, frutos y corteza). Con los datos de mantillo se hicieron gráficas para observar el cambio del mantillo y de su composición en las diferentes épocas del año. Para establecer diferencias significativas entre los pesos registrados de mantillo con respecto a las épocas del año, se aplicó un análisis de ANDEVA con ayuda del programa Statgraphics Plus. Se calculó la velocidad de descomposición (k) mediante el modelo exponencial simple de Olson (1963) con la fórmula: $\ln(X_t/X_0) = -kt$.

Resultados y Discusión

Hojarasca: Se capturó una producción de hojarasca de 19238 g/15m²/año. Extrapolando este resultado se tiene un total de desfronde de 12.826 ton/ha/año, esta biomasa supera las cifras reportadas para este tipo de cobertura vegetal, que se encuentra en el intervalo de 6.3-7.8 ton/ha/año (Lawrence y Foster, 2002). El componente que tiene mayor presencia en la hojarasca son las hojas, que representaron un 55.30% del total. Las ramas tienen presencia en un 20.67%, los frutos obtuvieron un 6.83%, las flores un 16.80% y la corteza 0.40% (Cuadro 1). Se presentó un mayor desfronde en la época seca (Figura 1) en los meses de diciembre a marzo. El análisis estadístico arrojó diferencias significativas entre el desfronde que se produce en la época seca con respecto al que se presenta al inicio del periodo húmedo y al final de la época húmeda (P= 0.8141) comprobado con la prueba de Tukey (Figura 2). Los contrastes encontrados en el desfronde indican épocas marcadas del año, además de estrategias de supervivencia por parte de la vegetación cuando hay condiciones desfavorables y los recursos son escasos.

Cuadro 1. Pesos registrados de hojarasca durante un ciclo anual (15/mar/09-14/mar/10).

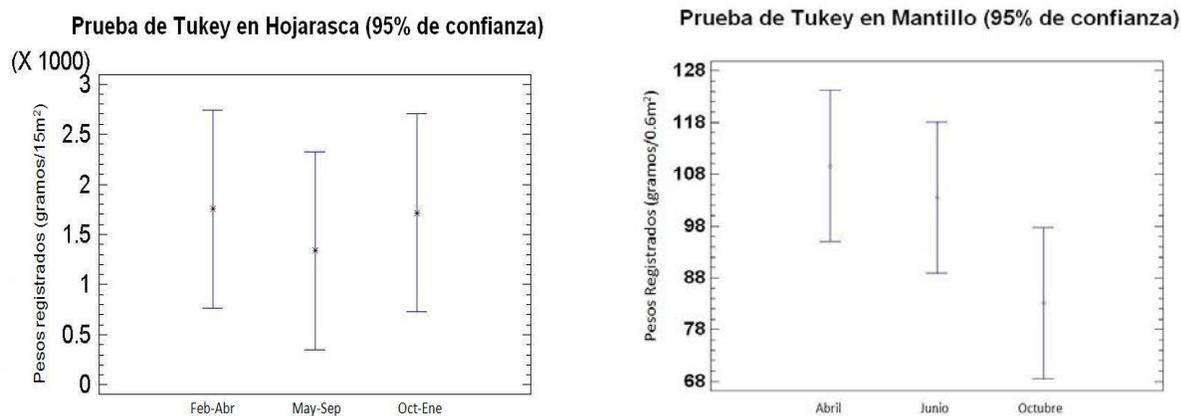
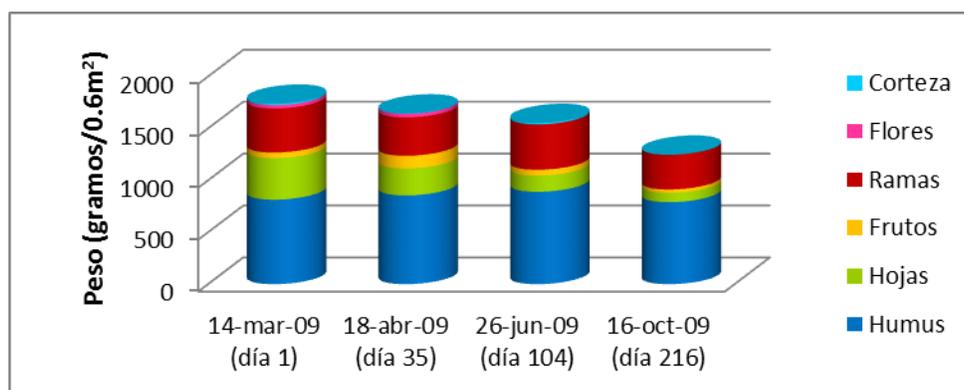
Fecha de muestreo	Hojas	Ramas	Frutos	Flores	Corteza	Hojarasca total capturada (g/15m ²)
29-mar-2009 (día 15)	430	116	191	345	3	1085
28-abr-09 (día 35)	618	440	431	801	4	2294
23-may-09 (día 70)	630	307.83	77.478	865.57	10.957	1891.835
26-jun-09 (día 104)	577.5	282.17	71.022	793.43	10.043	1734.165
31-jul-09 (día 139)	247	424	12	34	2	719
6-sep-09 (día 176)	595	385	1	23	8	1012
11-oct-09 (día 211)	695	289	18	230	1.5	1233.5
30-oct-09 (día 230)	194	47	9.5	5	5	260.5
11-dic-09 (día 272)	1900	397	64	41.5	21	2423.5
19-ene-10 (día 311)	2167	578	194	6	5	2950
28-feb-10 (día 351)	2223	592	199	6	6	3026
14-mar-10 (día 365)	361.6	118.8	46.4	20.8	1.2	608.8
Total (g/15m ²)	10638.1	3976.8	1314.4	3231.3	77.7	19238.3
Total (ton/ha/año)	7.0921	2.6512	0.87627	2.1542	0.0518	12.826
Porcentaje de aporte	55.30%	20.67%	6.83%	16.80%	0.40%	100%

**Figura 1. Producción de hojarasca a lo largo del ciclo anual, dividida en cada uno de sus componentes.**

Mantillo: Se obtuvo un valor inicial de 1738 g/0.6m², que extrapolado nos da un valor de 28.966 ton/ha. El humus es el componente más representativo del mantillo, seguido por las ramas, hojas, flores, frutos y finalmente, la corteza es la menos representada. Los componentes que desaparecen con mayor rapidez son las hojas y las flores, mientras que las ramas son los materiales que más lentamente se transforman (Figura 3). Del mes de marzo al mes de abril se mineralizó el 5.40% del mantillo, de marzo al mes de junio 10.70% y de marzo a octubre el 28.25% (Cuadro 2), es decir, 491g/0.6m²/año, dicho en otras palabras, 8.183 ton/ha/año. Las tasas de descomposición (k) en los muestreos realizados en abril, junio y octubre fueron -0.57, -0.30 y -0.71 respectivamente. El análisis estadístico arrojó diferencias significativas en la cantidad de mantillo incorporado por el desfronde en las diferentes fechas de muestreo (P=0.1727), comprobado con la prueba de Tukey (Figura 2).

Cuadro 2. Pesos registrados de mantillo en las diferentes fechas de muestreo.

Fecha de muestreo	Humus	Hojas	Ramas	Frutos	Flores	Corteza	Cantidad de mantillo (g/0.6m ²)	Cantidad de mantillo (ton/ha)	Mineralización acumulada (%)
14-mar-09	814	400	425	54	32	13	1738	28.966	0
18-abr-09	855	260	370	122	34	3	1644	27.4	5.40
26-jun-09	890	156	437	56	1	12	1552	25.866	10.70
16-oct-09	790	90	335	32	0	0	1247	20.783	28.25

**Figura 2. Producción de hojarasca y peso de mantillo en las diferentes fechas de muestreo y pesos registrados de mantillo.****Figura 3. Decaimiento del mantillo en las fechas del muestreo del año.**

Conclusiones

La selva mediana subcaducifolia del municipio Putla Villa de Guerrero, Oaxaca, se está aproximando al estado clímax, como lo demuestra la tasa de desfronde superior a la de decaimiento del mantillo. La diferencia implica que aún se incrementará año con año el espesor del mantillo.

Un estudio del ciclo biogeoquímico interno de nutrientes como N, P, K, Ca y Mg en los diferentes almacenes (biomasa aérea, hojarasca, mantillo y suelo) permitirían confirmar que este ecosistema está llegando al equilibrio, a la vez que permitiría comprender su funcionamiento.

Literatura citada.

- Arenas, S. H. 1993. Dinámica de la hojarasca en un bosque nativo altoandino y un bosque de eucaliptos en la región de Monserrate, Colombia. En: Mora-O, C. y H. Sturn (eds.). Estudios Ecológicos del Páramo y del Bosque Altoandino Cordillera Oriental de Colombia. Tomo II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras. No. 6. Santa Fe de Bogotá, Colombia.
- Clark, D. A., S. Brown, D. W. Kicklighter, J. D. Chambers, J. R. Thomlinson y J. Ni. 2001. Measuring Net Primary Production in Forest: Concepts and Field Methods. *Ecological Applications*. 11(2): 356-370.
- Granados-Castellanos, J. y C. Corner. 2004. Respuesta de las selvas tropicales al incremento de CO₂ en la atmósfera. *Revista Forestal Iberoamericana*. 1(1): 63-70.
- Lawrence, D., y F. Foster. 2002. Changes in biomass, litter dynamics and soils following shifting cultivation in southern Mexico: An overview. *Interciencia* 27: 400-408.
- Olson, J. S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. *Ecology* 44:322-331.
- Prause, J., G. Arce de Caram y P. N. Angeloni. 2003. Variación Mensual en el Aporte de Cuatro Especies Forestales Nativas del Parque Chaqueño Humado (Argentina). *Revista de Ciencias Forestales-Quebracho*. 10: 39-45
- Zamora, C. P., G. García, J. Flores y J. Ortiz. 2008. Estructura y composición florística de la selva mediana subcaducifolia en el sur del estado de Yucatán. *Polibotánica*, 26: 39-66.

APORTE Y DESCOMPOSICIÓN DE HOJARASCA EN BOSQUES DE NIEBLA

Alvarado-Villafañe¹, Dulce S., Ríos-Gómez, Ramiro¹, Cuahutle-Gómez¹ Ana C. y Solano Camacho Eloy¹

Unidad de Investigación en Sistemática Vegetal y Suelo, FES-Zaragoza UNAM¹. E-mail: puellapusilla@hotmail.com. Proyecto PAPIIT IN-225210

Resumen

Se estimó el aporte anual de hojarasca en dos bosques de niebla, ésta fue cuantificada mensualmente entre febrero y noviembre de 2010 a través de 15 colectores colocados al azar en ambos sitios. Así mismo se calculó la tasa de descomposición (K), *in situ*, en tres periodos: época seca (abril), principios y finales de lluvia (junio y noviembre respectivamente), y se midieron algunas propiedades que inciden en dicho proceso tales como pH, tipo de suelo, temperatura del suelo, tipo de roca y % de humedad. La hojarasca se separó en cinco componentes: hojas, ramas, corteza, partes reproductivas y fragmentos no identificados, el mantillo constituyó los mismos componentes más el humus. La producción total fue 6.7 y 4.4 ton ha⁻¹ año⁻¹ con valores de K 0.84 y 0.75 respectivamente siendo ésta mayor en el periodo de lluvia, ambos datos caen dentro de los rangos encontrados para otros bosques tropicales. Se encontró que el material parental es un factor fundamental en la velocidad de descomposición, debido a su influencia en el PH y por tanto en la actividad biológica, y que la proporción de humuses el indicador más apropiado para estudiar velocidad de descomposición y por ende en la conservación de un sitio.

Palabras clave: hojarasca, mantillo, descomposición.

Abstract

Annual litterfall was estimated from two rain forests, it was quantify monthly among February and November 2010 using 15 collectors that was located randomly in both sites. Decomposition rates (K) was calculated, *insitu*, in three periods: dry season (April), in the beginning, and ending of rain (June and November respectively). Some important properties, that have an effect on rate decomposition, was evaluated, those were pH, soil type, soil temperature, rock type, and percent humidity. Litter fall was separated into five fragments: leaves, branches, bark, reproductive parts, and unidentified fragments. Litter floor was divided in the same components plus humus. Total litterfall were 6.7 y 4.4 ton ha⁻¹ year⁻¹, and K values were 0.84 and 0.75 respectively; the biggest K was on rain period. All of the data are according to the rates found on other tropical forests. We found that bed rock is the main factor on rate decomposition due to its influence on soil pH therefore on biological activity too, at last humus proportion is the most appropriated component to study decomposition velocity, and hence it is very important in sites conservation.

Key Words: litterfall, humus, decomposition.

Introducción

Los bosques de niebla son de especial importancia por los servicios ambientales que ofrecen a los asentamientos aledaños, en ellos se captura, depura y almacena el agua para ponerla a su disposición; conservan una gran biodiversidad, se calcula que en el bosque de niebla se encuentran una diversidad biológica aproximada de 2 500 a 3 000 especies de plantas, Rzedowski (1996) consideró a este ecosistema como uno de más diversos por unidad de superficie (Williams-Linera, 2002); aunado a esto es fuente de recursos forestales, conserva e incrementa la fertilidad del suelo y es elemental en la captura de carbono.

A pesar de lo anteriormente expuesto, el bosque de niebla se encuentra en peligro de desaparición (Luna *etal.*, 2001) ya que presenta la mayor tasa de deforestación entre los bosques tropicales (Aldrich *etal.*, 2000). En México, más del 50% de esta cobertura vegetal ha desaparecido (Challenger, 1998). En el estado de Oaxaca este tipo de vegetación es uno de los que enfrentan más alteración por el cambio de uso de suelo a agrícola y pecuario, por lo tanto es imprescindible comprender su funcionamiento a nivel local a

través del conocimiento de los procesos desarrollados en él como una herramienta para su manejo y predicción de respuestas frente a la perturbación por extracción de recursos.

La producción de hojarasca (o desfronde) y su descomposición han sido los procesos más estudiados en la biogeoquímica de los ecosistemas pues es a través de éstos que se explica su productividad y reciclaje de nutrientes, tanto en estudios pasados (p. ej. Monedero y González, 1995) como muy recientes (Caldato *et al.*, 2010) se ha confirmado que el análisis de dichos procesos es la mejor manera de conocer un ecosistema, el desfronde por su parte es el principal medio por el cual la materia orgánica retorna al suelo de las partes aéreas de la comunidad vegetal, es de gran importancia en la formación del suelo y su fertilidad; por otra parte, la descomposición del mantillo (procedente del desfronde, raíces, animales y microorganismos) ocurre a través de dos procesos; la humificación, que conduce a la liberación de humus que es muy estable y libera nutrientes poco a poco durante décadas o siglos, y la mineralización que es la principal vía por la cual se obtienen dióxido de carbono (CO₂) y nutrientes inorgánicos directamente disponibles para las plantas.

En este estudio se examina la producción anual de hojarasca y la descomposición de mantillo de dos bosques de niebla en Oaxaca, también se planteó describir la dinámica de dichos procesos a través de la tasa de descomposición siguiendo la fórmula propuesta por Olson (1963).

Materiales y Métodos

Con la finalidad de determinar la producción de hojarasca en cada sitio se colocaron al azar, a aproximadamente 30cm sobre el suelo, 15 mallas de 1m². La colección de hojarasca se realizó cada mes durante un año (abril-2010 a marzo-2011), la hojarasca colectada fue separada y pesada en cinco fracciones: hojas, ramas, partes reproductivas (flores y frutos), corteza y miscelánea (fragmentos no identificados).

Para analizar la dinámica de descomposición en los sitios de estudio, el área debajo de cada trampa se dividió en cuatro partes. Se colectó el mantillo, con la ayuda de un muestreador de 20x20cm, en tres tiempos: época seca (abril), principios de lluvias (junio) y al final de este periodo (noviembre). El mantillo se separó y pesó en seis fracciones: hojas, ramas, partes reproductivas (A.R. en adelante), corteza y miscelánea y humus.

En ambos sitios de estudio se determinó algunas características tales como tipo de roca, tipo de suelo con base en la WRB (2007), altitud, temperatura del suelo en la superficie, pH del suelo, bajo el área de cada trampa, por el método electrométrico en agua relación 1:2a los primeros 10cm (Jackson, 1964) y % de humedad en esa profundidad por diferencia de pesos, debido a que dichas propiedades son determinantes en el proceso de descomposición.

Con los datos de la masa mensual de hojarasca, se construyó una curva de desfronde a lo largo del año para cada sitio de muestreo, mientras que para el mantillo se calculó el porcentaje de cada componente y la tasa de descomposición se estimó usando el modelo exponencial de Olson (1963) representado por la ecuación: $\ln(X_0/X_1) = -Kt$ donde X_0 es la masa inicial, X_1 es la masa remanente en el tiempo t y t es el tiempo en días. Se realizó una MANOVA con ayuda del programa STATGRAPHICS para cada sitio y entre ambos sitios.

Resultados y Discusión

La producción de hojarasca en ambos sitios (Cuadro 2.) cae dentro del rango para los bosques de niebla que han reportado diferentes autores, 7.19 y 10.7 ton ha⁻¹ año⁻¹ (Golley, 1978; Proctor, 1983 y Vargas-Parra, citados en Varela, 2007); el MANOVA (Cuadro 3.) demuestra diferencias significativas entre los sitios, siendo ésta mayor en el sitio M, entre componentes donde las hojas son el principal componente y entre meses. En la Fig. 1. correspondiente al sitio M se observa un mínimo en el desfronde en mayo y comienza a aumentar hasta alcanzar un máximo en la producción en diciembre (1.3 ton ha⁻¹), decrece a 1 ton ha⁻¹ en febrero y continúa disminuyendo hasta cerrar el ciclo en mayo, esto se debe al aumento en la humedad del suelo en junio (46.24%, cuadro 1.) que propicia por un lado la producción de hojas nuevas y por otro la retranslocación de nutrientes de las hojas senescentes para su posterior caída; en los meses de lluvia (junio-octubre) continúa la caída por el efecto del golpe del agua y viento, el primer pico en febrero se

debe a la renovación de hojas y el segundo en diciembre por la disminución de la temperatura en el ambiente que provoca cambios fisiológicos en las plantas y con ello la caída de hojas como mecanismo de evasión (Pragasán y Parthasarathy, 2005).

Respecto al sitio C también se observan dos picos en el desfronde (Fig. 1. b) en los mismos meses que el sitio M; sin embargo, la caída es casi constante a lo largo del año porque en este sitio la humedad no fluctúa mucho a lo largo del año debido a la altitud (Cuadro 2.), lo anterior también provoca que el aporte de ramas sea mayor que en M, esto mismo ha encontrado Vargas-Parra y Varela(2007) en un bosque de niebla en Colombia.

Cuadro 1. Propiedades de los sitios de estudio.

Propiedades	Mesoncito(M)	Chichahuaxtla(C)
Tipo de Roca	Caliza	Riolita
Tipo de suelo	Cambisol	Cambisol
Altitud	1997 msnm	2646 msnm
Temperatura suelo	18 °C	16°C
pH (H ₂ O)	6.04	4.95
% Humedad		
E. seca	22.842	48.694
P. lluvia	46.240	77.509
F. lluvia	32.377	43.737

Cuadro 2. Producción anual de hojarasca.

Sitio	Hojas	A.R.	Corteza	Ramas	Miscelánea	Total
	-----ton ha año-----					
Mesoncito (M)	3.86 *57.77	0.92 *13.83	0.23 *3.49	1.36 *20.36	0.30 *4.55	6.68
Chichahuaxtla (C)	2.40 *55.40	0.77 *17.73	0.07 *1.66	1.02 *22.60	0.12 *2.61	4.39

*Porcentaje

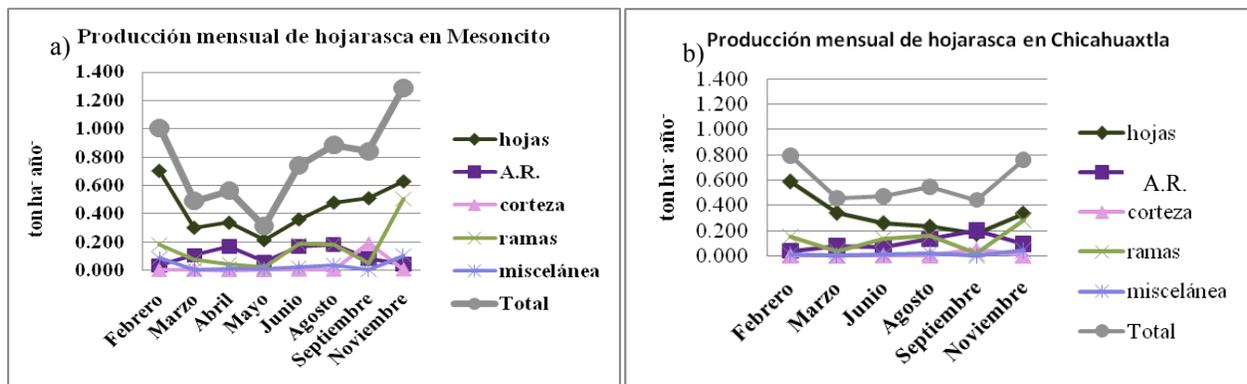


Fig. 1. Se presenta la curva de producción de hojarasca en los meses de muestreo para cada sitio, a) Mesoncito y b) Chichahuaxtla.

Cuadro 3. MANOVA para la producción total de hojarasca.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrados Medios	Fo	P-Vaule
Efectos Principales					
Sito	0.0532824	1	0.0532824	13.92	*0.0013
Componente	1.19987	4	0.299967	78.36	*0.0000
Mes	0.0817912	5	0.0163582	4.27	*0.0083
Error	0.0765588	20	0.00382794		
Total	1.78918	59			

Todos los valores de F son con base en los cuadrados medios del error. * diferencia significativa

La tasa de descomposición (K en Cuadros 4. y 5.) de las dos localidades son congruentes con lo que reporta Álvarez-Sánchez (2001) para bosques tropicales, en C es menor que en M; la mayor descomposición ocurre de junio a noviembre en ambos sitios, Monedero y González (1995) encontraron correlación entre el contenido de agua en el suelo, precipitación y la desaparición de mantillo vegetal; sin embargo, en C los valores de K son casi iguales de la época seca a principios de lluvia y de este periodo a noviembre, lo anterior la baja tasa de descomposición en C se debe a varios factores, por un lado en M el material parental es calizo el cual provee mayor cantidad de cationes generando un pH más cercano a la neutralidad (6.04) que en C (4.95), que se traduce en mejores condiciones para la actividad biológica sobre todo de bacterias que son imprescindibles dentro del proceso de mineralización de la materia orgánica, también ayuda para una mayor densidad y diversidad de la fauna edáfica, y por otro la altitud que es mayor en C ha generado mayor humedad tanto relativa como en el suelo y menor temperatura y desde hace tiempo (p. ej. Mikola, 1960) ha sido comprobada la relación entre estas condiciones y la descomposición de la materia orgánica.

Por otra parte, el humus en ambas localidades tiende a aumentar en proporción con el resto de los componentes lo cual sirve para indicar la velocidad de descomposición, además las demás fracciones se comportan de manera diferente en ambos sitios, por ejemplo la miscelánea, que corresponde al horizonte O_i en un perfil de suelo, en M disminuye mientras en C aumenta y el resto de los componentes siguen patrones muy diferentes a lo largo del año en los dos sitios.

Cuadro 4. Producción de mantillo en Mesoncito.

Periodo	Hojas	A.R.	Corteza	Ramas	Miscelánea	Humus	K ⁺
-----ton ha ⁻¹ año ⁻¹ -----							
Época	5.981	0.156	0.357	6.043	9.064	13.442	
Seca	*16.0	*0.46	*0.16	*17.65	*26.47	*39.25	
Principio de lluvia	4.703	0.278	0.227	6.548	5.088	12.638	
Fin de lluvias	*15.95	*0.94	*0.77	*22.21	*17.26	*42.87	0.211
Total	12.481	0.567	0.399	18.446	18.967	39.668	0.839

*Porcentaje. + K se ha calculado sin tomar en cuenta el humus.

Cuadro 5. Producción de mantillo en Chicahuaxtla.

Periodo	Hojas	A.R.	Corteza	Ramas	Miscelánea	Humus	K
-----ton ha ⁻¹ año ⁻¹ -----							
Época	7.3	3.6	0.7	5.1	14.3	12.2	
Seca	*16.86	*8.36	*1.53	*11.75	*28.35	*33.15	
Principio de lluvia	8.6	1.7	0.8	4.6	6.4	9.0	
Fin de lluvias	*27.62	*5.50	*2.57	*14.94	*20.51	*28.86	0.34
Total	18.2	6.2	1.6	12.7	27.0	27.3	0.75

*Porcentaje.

Cuadro 6. MANOVA para la producción de mantillo.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	g.l.	Cuadrados Medios	Fo	P-Vaule
Efectos Principales					
Sito	3.93361	1	3.93361	6.19	*0.0321
Componente	438.382	5	87.6763	138.03	*0.0000
Época	58.0943	2	29.0472	45.73	*0.0000
Error	6.35213	10	0.635213		
Total	602.897	35			

Todos los valores de F son con base en los cuadrados medios del error. * diferencia significativa

Conclusiones

La roca caliza es el principal factor en la descomposición de la hojarasca al determinar un pH más cercano a la neutralidad que favorece la diversidad y densidad de la comunidad edáfica misma que acelera la mineralización de la materia orgánica.

Los indicadores más apropiados para estudiar la velocidad de mineralización son el desfonde y la producción de humus por lo tanto su análisis es indispensable en la conservación de estos ecosistemas.

Literatura Citada

- Aldrich, M., P. Bubb, S. Hostettler y H. van de Wiel. 2000. Bosques nublados tropicales montanos. Tiempo para la acción. WWF International/IUCN The World Conservation Union. Cambridge. Inglaterra. 28 p.
- Álvarez-Sánchez, J. 2001. Procesos en el Ecosistema: descomposición y ciclo de nutrientes. Acta Zoológica Mexicana No. Especial 1: 1-27.
- Caldato, S., L. Floss, A. Serafini y C. Elzira. 2010. Producción y descomposición de hojarasca en la selva ombrófila mixta en el sur de Brasil. Bosque (Valdivia) 31:1.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, Instituto de Biología, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S. C. México, D. F. 847 p.
- Luna, I. Velásquez, A. y Velásquez, E. 2001. México. En bosques nublados del neotrópico. M. Kappelle y A. D. Brown (editores). Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica. Pp 183-229.
- Mikola, P. 1960. Comparative experiment on decomposition rates of forest litter in southern and northern Finland. Oikos, II: 161 - 166.
- Monedero, C. y V. González. 1995. Producción de hojarasca y descomposición en una selva nublada del ramal interior de la Cordillera de la Costa, Venezuela. Ecotrópicos 8(1-2): 1-14.
- Olson JS. 1963. Energy storage and the balance of decomposers in ecological systems. Ecology 44: 322-31.
- Pragasan A. L. y N. Parthasarathy. 2005. Litter production in tropical dry evergreen forests of south India in relation to season, plant life-forms and physiognomic groups. Current Science, 88:1255-1263.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. Acta Botánica Mexicana 35:25-44.
- Vargas-Parra, L. y A. Varela. 2007. Producción de hojarasca de un bosque de niebla en la reserva natural la planada (Nariño, Colombia). Univ. Scient., 12: 35-49.
- Williams-Linera, 2002 Memorias del taller sobre conservación y uso sustentable del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz. Subsecretaría del Medio Ambiente. Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz. 79 p.

INDICADORES DE CALIDAD DEL SUELO Y SU TASA DE RECUPERACIÓN EN ECOSISTEMAS FORESTALES

Bautista-Cruz Angélica¹, Etchevers-Barra Jorge², Del Castillo-Sánchez Rafael¹, Gutiérrez-Castorena Ma. del Carmen²

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca¹ Email: mbautistac@ipn.mx. Colegio de Postgraduados².

Resumen

No obstante la importancia ecológica, económica y social del bosque mesófilo de montaña (BMM) no se ha hecho ningún intento para seleccionar indicadores de calidad del suelo (ICS) que permitan evaluar los cambios en este recurso como resultado de la sustitución de campos de cultivo por bosques secundarios en áreas originalmente ocupadas por BMM. Estos indicadores son esenciales para proponer programas de restauración o manejo forestal, en este estudio se seleccionaron propiedades del suelo que pueden ser útiles como ICS durante la regeneración forestal y se examinó la tasa de recuperación de estos indicadores. Para ello, se analizaron propiedades edáficas de tres cronosecuencias adyacentes, cada una integrada por cinco etapas serales, incluyendo campos de cultivo. Las propiedades del suelo de bosques con más de 100 años se tomaron como referencia. El análisis de componentes principales reveló que el carbono orgánico (CO), pH, fósforo disponible, espesor del horizonte O (EO), Al^{3+} intercambiable, nitrógeno total y carbono microbiano pueden emplearse como ICS durante la regeneración del BMM. Los ICS mostraron diferentes tasas de recuperación con la sucesión forestal. El CO tuvo una tasa rápida de recuperación. En cambio, el EO, pH, fósforo disponible y Al^{3+} intercambiable exhibieron una tasa lenta de recuperación. Por consiguiente, se estima que el mantenimiento de una adecuada calidad del suelo en el BMM requiere conservar bosques de diferentes edades, incluidos los bosques con más de 100 años.

Palabras clave: Al^{3+} intercambiable, carbono microbiano, carbono orgánico, espesor del horizonte O, fósforo disponible, pH, tasa de recuperación.

Abstract

Despite the ecological, economic and social importance of tropical montane cloud forests (TMCF), no attempts have been made to select soil quality indicators (SQI) to assess changes in the soil as a result of replacing crop fields with secondary forests in areas originally occupied by TMCF. SQI are considered to be essential in evaluating plans for forest restoration or management. In this study soil properties that can be used as SQI during forest regeneration were selected, and the recovery rate of these SQI was examined. The soil properties of three adjacent chronosequences were analyzed to this end. Each chronosequence was composed of five seral stages, including cornfields; the soil properties of undisturbed old-growth forest stands were used as a reference. Principal component analysis revealed that the soil organic carbon, pH, plant-available P, O horizon thickness, exchangeable Al^{3+} , total nitrogen, and soil microbial biomass carbon can be useful as SQI during TMCF regeneration. The selected SQI displayed different rates of recovery during forest succession: soil organic carbon had a fast recovery rate; in contrast, O horizon thickness, soil pH, plant-available P, and exchangeable Al^{3+} showed a slow recovery rate during the fallow period. As consequence, we estimate that in order to maintain good soil quality in TMCF ecosystems, forest administrators should consider maintaining forest of different ages, spanning at least 100 years, in the landscape.

Key Words: Exchangeable Al^{3+} , soil microbial biomass carbon, soil organic carbon, O horizon thickness, plant-available P, soil pH, recovery rate.

Introducción

La degradación y la deforestación de los ecosistemas forestales se ha incrementado como consecuencia del aumento en la población humana (Geissen et al., 2009). Entre los ecosistemas forestales más afectados por el cambio de uso del suelo se encuentra el bosque mesófilo de montaña (BMM) (Bruijnzeel y Hamilton, 2000). Extensas áreas de este bosque han sido aclareadas con fines agrícolas (Ortega y Castillo,

1996). La evaluación y recuperación de los terrenos degradados se puede hacer de manera efectiva si los indicadores de calidad del suelo (ICS) son definidos y cuantificados apropiadamente (Doran y Parkin, 1994). De acuerdo con Doran y Parkin (1994) los ICS deberían: a) reflejar los procesos del ecosistema; b) integrar propiedades físicas, químicas, biológicas así como procesos del suelo; c) ser accesibles a muchos usuarios; d) ser aplicables a condiciones de campo; y e) ser sensibles a variaciones en manejo y clima. En forestería, el seguimiento de los ICS es fundamental para alcanzar prácticas de manejo sustentable (Burger y Kelting, 1999). Sin embargo, los ICS aún no se han definido para muchos ecosistemas tropicales del mundo. Algunos métodos estadísticos multivariados como el análisis de componentes principales (ACP) puede ser una herramienta efectiva para identificar los indicadores que tienen el mayor impacto sobre la calidad del suelo (Wander y Bollero, 1999). Doran y Parkin (1994) propusieron dos métodos para establecer condiciones de referencia contra las cuales poder comparar los niveles de cada ICS: el primero utiliza las características de un suelo no perturbado; el segundo compara las características observadas con un intervalo de condiciones que previamente han sido establecidas para maximizar la productividad y el desempeño ambiental. El último enfoque involucra un entendimiento del funcionamiento óptimo del suelo; desafortunadamente, para muchos ecosistemas tropicales se carece de tal información. Los objetivos de este estudio fueron: (a) seleccionar mediante ACP propiedades del suelo que puedan ser útiles como indicadores de la calidad de este recurso durante la regeneración de un BMM sometido a prácticas de roza tumba y quema y, (b) aplicar el primer método propuesto por Doran y Parkin (1994) para examinar la tasa de recuperación de los ICS seleccionados.

Materiales y Métodos

El área de estudio se ubica en el Rincón, en la Sierra Norte de Oaxaca, México (17° 15' y 17° 30' N, 95° 15' y 96° 25' O), a una altitud de 1850 ± 150 m. El material parental son esquistos del Mesozoico (Castillo y Castro, 1996). El clima varía de templado-húmedo a subhúmedo con 1719 mm año⁻¹ de precipitación media anual y 20-22°C de temperatura media anual (Anónimo, 1999; Comisión Nacional de Biodiversidad, 2002). De acuerdo con su composición florística (Córdova y del Castillo, 2001) la vegetación original fue un BMM (ver Webster, 1995), parte de esta vegetación ha sido aclarada para el cultivo de maíz. Muchos campos de cultivo fueron abandonados en diferentes periodos debido a la emigración humana y a la introducción de plantaciones de café en terrenos con menor altitud. Por lo tanto, el paisaje está constituido por campos de cultivo y bosques de diferentes edades. Para este estudio se seleccionaron tres cronosecuencias: Tanetze, Juquila y Yotao. Cada cronosecuencia incluyó cinco parcelas de diferente edad después del abandono: milpa (0 años), bosques adyacentes de aproximadamente 15, 45 y 75 años y un bosque viejo de aproximadamente 100 años. Los suelos forestales se clasificaron como *Humic Dystrudepts* (parcelas de 15 y 45 años) y *Typic Dystrudepts* (parcelas de 75 y 100 años), mientras aquellos de campos de cultivo como *Typic Udorthents* (Bautista-Cruz et al., 2005).

En cada etapa sucesional se delimitó una parcela de 0.4 ha y en cada una se midió el espesor del horizonte O (EO) con una cinta métrica y después se eliminó para muestrear el suelo a una profundidad de 0-20 cm de acuerdo con los procedimientos establecidos por Dick et al. (1996) y Boone et al. (1999). El carbono orgánico (CO) del suelo se analizó por combustión seca en un autoanalizador de carbono TOC-5050 (Shimadzu). El fósforo disponible se determinó por el método de Bray y Kurtz 2, el nitrógeno total (NT) por digestión Kjeldahl. El Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺ intercambiables se extrajeron con una solución de acetato de amonio 1N (pH 7.0) y se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica. El Al³⁺ intercambiable se extrajo con una solución de KCl 1N y se determinó por titulación con NaOH. El pH se midió con un pH metro digital en una relación suelo-agua 1:2. La densidad aparente (DA) se determinó por el método del cilindro (Blake y Hartge, 1986) y el carbono de la biomasa microbiana (CBM) se cuantificó por el método de fumigación extracción (Vance et al., 1987; Voroney et al., 1993, Horwath y Paul, 1994). Los ICS se seleccionaron mediante un ACP con el procedimiento PRINCOMP de SAS (SAS Institute, 1990, v. 6.0). La tasa de recuperación de cada uno de los ICS seleccionados se determinó con base en las gráficas de control propuestas por Larson y Pierce (1994), utilizando las propiedades del suelo del bosque de 100 años como referencia, de acuerdo con los criterios establecidos por Doran y Parkin (1994).

Resultados y Discusión

Los primeros tres componentes principales (CPs) tuvieron autovalores ≥ 1 , de esta manera proporcionaron una buena síntesis del conjunto original de variables. Estos componentes explicaron aproximadamente 76% de la varianza total de las observaciones (Cuadro 1). Los autovectores más altos dentro del primer CP (39.36% de la varianza total) incluyeron, en orden de importancia, CO, pH, fósforo disponible, EO y Al^{3+} intercambiable. Los únicos factores significativos en el segundo CP (24.62% de la varianza total) y tercer CP (11.79% de la varianza total) fueron el nitrógeno total y el CBM, respectivamente.

Cuadro 1. Resultados del análisis de componentes principales de los indicadores de calidad del suelo estadísticamente significativos. Solo se consideraron los componentes principales con autovalores ≥ 1 y valores de correlación $\geq 70\%$.

Componente principal	1	2	3
Autovalor	4.72	2.95	1.41
Proporción	39.36	24.64	11.79
Proporción acumulada	39.36	64.00	75.79
Autovectores			
Espesor del horizonte O	<u>0.325 (0.707)</u>	0.060	-0.146
pH	<u>-0.398 (-0.866^{***})</u>	-0.006	0.079
Carbono orgánico	<u>0.400 (0.871^{***})</u>	0.108	-0.071
Densidad aparente	-0.235	0.035	0.319
Na^+ intercambiable	0.298	0.217	0.312
K^+ intercambiable	-0.086	0.145	0.079
Ca^{2+} intercambiable	-0.300	0.184	-0.231
Mg^{2+} intercambiable	-0.234	0.042	-0.221
Al^{3+} intercambiable	<u>0.324 (0.704^{**})</u>	-0.111	-0.415
Fósforo disponible	<u>0.356 (0.774^{***})</u>	0.264	0.112
Carbono de la biomasa microbiana	0.140	0.112	<u>0.670 (0.796^{***})</u>
Nitrógeno total	0.157	<u>0.445 (0.766^{***})</u>	-0.156

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.001$; *** $P \leq 0.0001$. Las variables originales y sus autovectores subrayados corresponden a las propiedades del suelo que fueron seleccionadas como indicadores de calidad.

Los ICS seleccionados mostraron diferentes tasas de recuperación en áreas de BMM previamente aclareadas para el cultivo del maíz. El CO del suelo tuvo una tasa rápida de recuperación, ya que solamente el valor de este ICS en los campos de cultivo estuvo fuera del límite superior e inferior definido en el suelo del BMM viejo (Fig. 1). Este resultado se puede explicar por una rápida recuperación de la biomasa acoplada con las bajas tasas de mineralización del CO, posiblemente resultantes del incremento en la acidez del suelo (Seybold et al., 1999). Lo anterior indica que el CO del suelo es un ICS con una resiliencia relativamente alta en BMM sometidos a un manejo agrícola de roza tumba y quema. En contraste, otros ICS, como el EO, el pH, el fósforo disponible y el Al^{3+} intercambiable, mostraron una tasa lenta de recuperación (Fig. 1). Los valores medios de estos ICS a lo largo de la sucesión estuvieron fuera del intervalo natural de variabilidad encontrado en el suelo del BMM viejo. En el caso del EO y del fósforo disponible, los valores medios estuvieron abajo del intervalo natural de variabilidad en el suelo de referencia (Fig. 1).

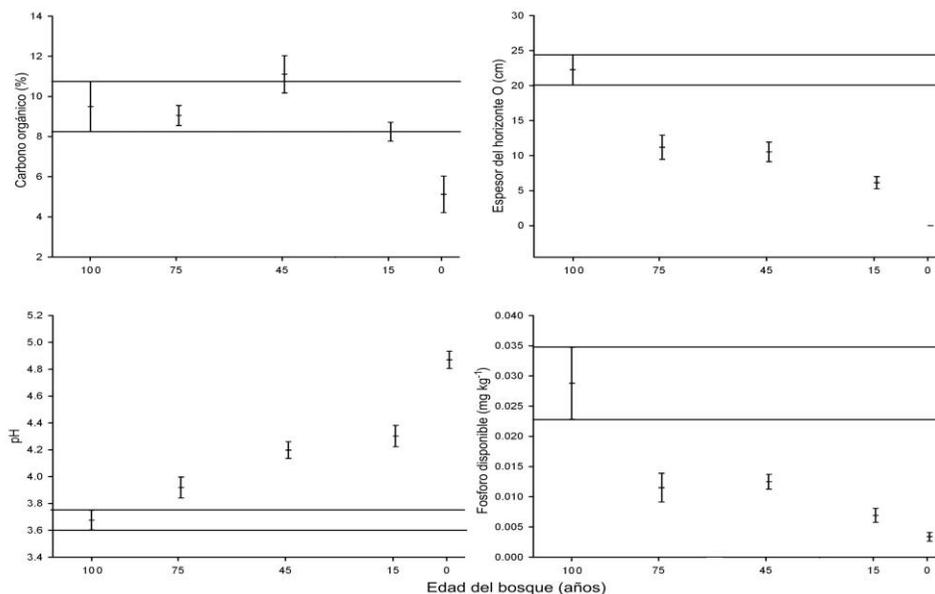


Figura 1. Gráficas de control de la tasa de recuperación de los indicadores de calidad del suelo (ICS) durante la regeneración de un bosque mesófilo de montaña. Las dos líneas horizontales delimitan el límite superior e inferior de cada ICS en el suelo de referencia. La línea horizontal en el centro de cada barra es el valor medio de cada ICS. Las barras de error indican ± 1 error estándar asociado al valor medio.

Para el pH del suelo, los valores medios estuvieron arriba del intervalo natural de variabilidad en el suelo del BMM viejo (Fig. 1). Estos resultados muestran diferentes patrones y tasas de recuperación después de la perturbación para cada uno de los ICS seleccionados. Algunos autores han propuesto las comunidades de insectos (Palladini et al., 2007; Yu et al., 2006) o la diversidad de especies de briofitas (Frego, 2007) como indicadores de la recuperación del bosque. Los resultados aquí presentados demuestran que las propiedades del suelo también pueden ser útiles como indicadores de la regeneración forestal después de una perturbación en áreas de BMM, y pueden ser más fácilmente evaluadas en condiciones de campo.

Conclusiones

Algunas propiedades del suelo como el carbono orgánico, pH, fósforo disponible, espesor del horizonte O, Al^{3+} intercambiable, y carbono de la biomasa microbiana pueden ser útiles como indicadores de la calidad del suelo durante la regeneración forestal en áreas originalmente ocupadas por bosque mesófilo de montaña. Los indicadores de calidad del suelo seleccionados desplegaron diferentes tasas de recuperación después de la perturbación del bosque. El carbono orgánico presentó una tasa rápida de recuperación. En cambio, el espesor del horizonte O, el pH, el fósforo disponible y el Al^{3+} intercambiable tuvieron una tasa lenta de recuperación. Los indicadores de calidad del suelo no siempre cambiaron linealmente con la edad del bosque. Por consiguiente, se estima que el mantenimiento de una adecuada calidad del suelo en el bosque mesófilo de montaña requiere conservar bosques de diferentes edades, incluidos los bosques con más de 100 años. Lo cual conduciría a prácticas de manejo más sustentable al permitir una recuperación relativamente continua del ecosistema sin interrupciones prolongadas en el uso del suelo.

Literatura Citada

- Anónimo. 1999. Anuario estadístico del estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Geografía e Informática. Aguascalientes, Ags. México.
- Bautista-Cruz, A., M.C. Gutiérrez-Castorena, R.F. del Castillo-Sánchez y J.D. Etchevers-Barra. 2005. Cronosecuencia de un suelo y su clasificación en un área originalmente ocupada por bosque mesófilo de montaña. *Terra Latinoamericana* 23, 147-157.

- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. pp. 363-375. *In*: A. Klute (ed.). *Methods of soil analysis: Part 1: Physical and mineralogical methods*. Monograph number 9 (Second Edition). American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Boone, D.R., D.F. Grigal, P. Sollins, R.J. Ahrens and D.E. Armstrong. 1999. Soil Sampling, preparation, archiving, and quality control. pp. 3-27. *In*: G.P. Robertson, D.C. Coleman, C.S. Bledsoe y P. Sollins (eds.). *Standard Soil Methods For Long Term Ecological Research*. Oxford University Press. New York, USA.
- Bruijnzeel, L.A. and L.S. Hamilton. 2000. Decision time for cloud forest. UNESCO (IHPO Humid Tropic Programme Series No. 13). Paris, France.
- Burger, J.A. and Kelting, D.L., 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. *Forest Ecology and Management* 122, 155-166.
- Castillo, F.N. and J.M. Castro. 1996. Monografía geológico minera del estado de Oaxaca. Consejo de Recursos Minerales, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, México.
- Comisión Nacional de Biodiversidad. 2002. Metadata and cartography online. <http://www.conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl> (Consulta: enero 11, 2005).
- Cordova, J. and R.F. del Castillo. 2001. Changes in epiphyte cover in three chronosequences in a tropical montane cloud forest in Mexico. pp. 79-94. *In*: G. Gottsberger y S. Liede (eds.). *Life forms and Dynamics in Tropical Forests*. Dissertations Botanica 346. Berlin-Stuttgart. J. Cramer in der Gebrüder Borntraeger Verlagsbuchhandlung.
- Dick, P.R., D.R. Thomas and J.J. Halvorson. 1996. Standardized methods, sampling, and sample pretreatment. pp. 107-121. *In*: J.W. Doran y A.J. Jones (eds.). *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America. Special Publication 49. Madison, WI, USA.
- Doran, J.W. and B.T. Parkin. 1994 Defining soil quality for a sustainable environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- Frego, K.A., 2007. Bryophytes as potential indicators of forest integrity. *Forest Ecology and Management* 242, 65-75.
- Geissen, V., R. Sánchez-Hernández, C. Kampichler, R. Ramos-Reyes, A. Sepulveda-Lozada, S. Ochoa-Goana, B.H.J. de Jong, E. Huerta-Lwanga, and D. Hernández-Daumas. 2009. Effects of land-use change on some properties of tropical soils-an example from Southeast Mexico. *Geoderma* 151, 87-97.
- Horwath, R.W. and E.A. Paul. 1994 Microbial Biomass. pp. 753-773. *In*: *Methods of soil analysis*. Soil Science Society of America. Part 2. Microbiological and biochemical properties. Soil Science Society of America. Book Series, no. 5. USA.
- Larson, W.E. and F.J. Pierce. 1994. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. pp. 37-51. *In*: J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdiceck, B.A. Stewart (eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment*. Special Publication No. 35. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Ortega, E.S. y C.G. Castillo. 1996 El bosque mesófilo de montaña y su importancia forestal. *Ciencias (México)* 43:32-39.
- Palladini, J.D., M.G. Jones, N.J. Sanders and E.S. Jules. 2007. The recovery of ant communities in regenerating temperate conifer forests. *Forest Ecology and Management* 242, 619-64.
- SAS Institute Inc. 1990. SAS/STAT. User's guide, version 6. Cary, NC.
- Seybold, C.A., J.E. Herrick and J.J. Breja. 1999. Soil resilience, a fundamental component of soil quality. *Soil Science* 164, 224-234.
- Vance, E.D., P.C. Brookes and D.S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19, 703-707.
- Voroney, R.P., J.P. Winter and R.P. Beyaert. 1993. Soil Microbial Biomass C and N. pp. 277-286. *In*: M R Carter (ed.). *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Society of Soil Science. Lewis Publishers. USA.
- Wander, M.M. and G.A. Bollero. 1999. Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois. *Soil Science Society of America Journal* 63: 961-971.
- Webster, G.L. 1995. The panorama of neotropical cloud forests. pp. 53-77. *In*: S.P. Churchill, H. Balslev, E. Forero y J.L. Luteyn. *Biodiversity and conservation of neotropical montane forest*. The New York Botanical Garden. New York.
- Yu, X.-D., T.H. Luo and H.Z. Zhou. 2006. Distribution of carabid beetles among regenerating and natural forest types in Southwestern China. *Forest Ecology and Management* 231, 169-177.

ESCENARIOS CLIMÁTICOS CON BASE EN TEMPERATURAS EXTREMAS EN ZACATECAS, MÉXICO

Santillán-Espinoza, Lina E.¹, Blanco-Macías, Fidel² Magallanes-Quintanar, Rafael¹, García-Hernández, José L.³, Cerano-Paredes, Julián⁴, Delgadillo-Ruiz, Olivia⁵,

Valdez-Cepeda, Ricardo David^{2,5*}

¹Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería. Ave. Ramón López Velarde No. 801. CP 98064. Zacatecas, Zac., México.

²Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Apdo. Postal 196. Calle Cruz del Sur No. 100. Col. Constelación, El Orito. CP 98085. Zacatecas, Zac., México. E-mail: vacrida@hotmail.com

³Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia. Km 35 Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo. Domicilio Conocido Ejido Venecia. CP 35170. Tlahualilo, Durango, México.

⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera. Km 6.5 Margen Derecho Canal del Sacramento. CP 35149. Gómez Palacio, Dgo., México.

⁵Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Paseo Solidaridad s/n. CP 98064 Zacatecas, Zac., México. E-mail: vacrida@hotmail.com

Resumen

Con base en temperaturas medias anuales y mensuales se ha evidenciado un calentamiento de la atmósfera terrestre. El objetivo de la investigación fue estimar tendencias de las series de tiempo de temperaturas máxima y mínima registradas en 24 estaciones meteorológicas del estado de Zacatecas al analizarlas con regresión lineal simple. De las 24 series de temperatura máxima, 13 presentaron tendencia significativa ($p \leq 0.05$), seis negativa y siete positiva. En cambio, nueve de las 24 series de temperatura mínima presentaron también tendencia significativa ($p \leq 0.05$), ocho negativas y una positiva. El promedio de todas las tendencias fue de 0.068°C por decenio para temperatura máxima; mientras que en el caso de temperatura mínima fue -0.235°C por decenio. El promedio de las tendencias positivas significativas de temperatura máxima fue 0.794°C por decenio, mientras que la única tendencia positiva significativa de temperatura mínima fue de 0.496°C por decenio. El promedio de las tendencias negativas significativas de temperatura máxima fue -0.648°C por decenio, mientras que para el caso de la temperatura mínima fue -0.705°C por decenio.

Palabras clave: temperatura máxima, temperatura mínima, regresión lineal, cambio climático.

Abstract

An increase in the atmospheric temperature has been reported under the basis of yearly and monthly temperature at global level. The aim of this research work was to estimate the trends of the maximum and minimum temperature time series registered at 24 meteorological stations located within the state of Zacatecas, Mexico using linear regression analysis. From all the 24 maximum temperature time series, only 13 showed significant ($p \leq 0.05$) trends, six were negative and seven were positive. On the other hand, nine of the 24 minimum temperature time series showed negative significant ($p \leq 0.05$) trends, eight were negative but only one was positive. Whole trends average was 0.068°C per decade for maximum temperature; and -0.235°C per decade for minimum temperature. Maximum temperature significant positive trends mean was 0.794°C per decade, whereas minimum temperature significant positive trend was 0.496°C per decade. Maximum temperature significant negative trends mean was -0.648°C per decade, whereas minimum temperature significant negative trends mean was -0.705°C per decade.

Key words: Maximum temperature, minimum temperature, linear regression, climatic change.

Introducción

El interés sobre el cambio climático se ha incrementado en los últimos 30 años, debido principalmente a las predicciones a nivel global relacionadas con el efecto de invernadero, las cuales sugieren un

incremento de la temperatura de la atmósfera terrestre (Valdez–Cepeda *et al.*, 2003ab). Ese incremento ha sido de $0.084 \pm 0.021^\circ\text{C}$ por decenio de 1901 a 2005 y de $0.268 \pm 0.069^\circ\text{C}$ por decenio entre 1979 y 2005 (Brohan *et al.*, 2006; Trenberth *et al.*, 2007) y se ha asociado a causas antropogénicas (IPCC, 2001) o astronómicas (Landscheidt, 2000; Soon *et al.*, 2000ab). Algunos investigadores prevén un incremento de temperatura global, pero han considerado modelos de simulación que toman en cuenta a las observaciones mensuales ajustadas a una malla de datos (*e.g.* la base de datos ‘Jones’ de temperatura) o alguna otra técnica. Por consiguiente, varios procedimientos incluyen problemas importantes de calidad como la presencia de valores extremos y cambios sustanciales de la media y la varianza (Balling *et al.*, 1998). Sin embargo, otros investigadores han notado que los cambios de la variabilidad de la temperatura también son importantes en la determinación de las distribuciones de la temperatura a futuro (Valdez–Cepeda *et al.*, 2003ab), e inclusive los cambios de las temperaturas medias están asociados a cambios sustanciales de la ocurrencia de temperaturas extremas (Balling *et al.*, 1998). Por ello, puede ser instructivo el analizar el comportamiento de las temperaturas extremas.

Varios métodos se han usado para caracterizar cuantitativamente a la variación de la temperatura. Con el propósito de evidenciar tendencias de incremento o decremento, lo más común es evidenciar la tendencia a largo plazo a través del análisis de regresión lineal simple (Montgomery *et al.*, 2007). Con el fin de generar conocimiento sobre el comportamiento de las temperaturas extremas (máxima y mínima), a nivel mensual, las series de tiempo de 24 estaciones localizadas dentro del estado de Zacatecas se analizaron mediante regresión lineal simple para estimar tendencias significativas.

Materiales y Métodos

Las 24 estaciones meteorológicas consideradas en el presente estudio se localizan dentro del estado de Zacatecas. El área de estudio cubre una extensión territorial de $75\,040\text{ km}^2$; esto representa el 3.83% del territorio nacional. Las coordenadas extremas son $25^\circ09'$ y $21^\circ04'$ latitud norte, y $100^\circ49'$ y $104^\circ19'$ longitud oeste. El territorio estatal se ubica en la Meseta Central de México, entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental. Los datos analizados fueron series de largo plazo (≥ 30 años, *i.e.* $n \geq 360$ observaciones) de temperaturas extremas mensuales, *i.e.* conjuntos de datos de temperaturas mínima y máxima mensual registradas en 24 estaciones meteorológicas localizadas en el estado de Zacatecas, México. Los datos fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua, la institución oficial a cargo del registro de los datos climatológicos y meteorológicos en México.

Los gráficos de dispersión de cada una de las series de tiempo permitieron identificar datos extremos (valores fuera del rango dado por $\text{media} \pm 1.96$ desviación estándar) que fueron eliminados. Después se calcularon el intercepto (ordenada asociada al origen, β_0) y la pendiente (β_1) a través del análisis de regresión lineal al usar Excel (Microsoft, 2007). Los niveles de significancia (p) de β_0 y β_1 también se estimaron. Las pendientes (positivas o negativas) estimadas a nivel anual se transformaron a nivel de decenio, es decir, se calcularon al multiplicar la tendencia o pendiente estimada por 10 (años que conforman el decenio): $\beta_1 * 10$; la razón fue que se requirió un valor de referencia y comparación debido a que las series difieren en duración (n).

Después de estimar las tendencias de las temperaturas extremas, el escenario para cada estación se definió al considerar las situaciones posibles consignadas en la Figura 1 con base en tendencias no significativas y significativas a $p \leq 0.05$.

Resultados y Discusión

Los resultados sugieren diversos escenarios de cambio climático al considerar las tendencias de las temperaturas extremas a nivel mensual (Cuadro 1) en 24 localidades del territorio zacatecano.

De las 24 series de temperatura máxima, 13 presentaron tendencia significativa ($p \leq 0.05$), seis negativas y siete positiva (Cuadro 1). Las series cuya tendencia es negativa corresponden a las estaciones Boca del Tesorero, Calera, Cedros, Gruñidora, Villa Hidalgo y Zacatecas; mientras que las series con tendencia positiva fueron las de Concepción del Oro, Jiménez del Teúl, La Villita, Los Campos, Potrero de Gallegos, Sombrerete y Tecomate. El promedio de todas las tendencias fue de 0.068°C por decenio; este valor se incluye en el rango ($0.084 \pm 0.021^\circ\text{C}$) de incremento decenal (desde 1901 a 2005) de la

temperatura global estimado por Brohan *et al.* (2006) y Trenberth *et al.* (2007). El promedio de las tendencias negativas fue de -0.356°C por decenio, mientras que el de las tendencias positivas fue de 0.568°C por decenio. Los promedios de las tendencias significativas fueron -0.648°C y 0.794°C por decenio para las negativas y positivas, respectivamente.

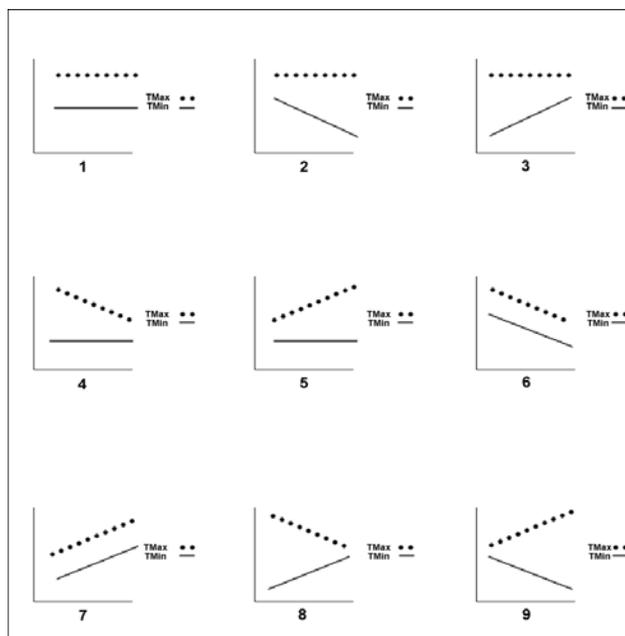


Figura 1. Escenarios posibles al considerar las tendencias de temperatura máxima (TMax••) y mínima (TMin-).

Cuadro 1. Tendencias de temperatura máxima por estación.

Nombre de la Estación	Temperatura Máxima		Temperatura Mínima		Escenario								
	<i>P</i>	Tendencia ($^{\circ}\text{C decenio}^{-1}$)	<i>P</i>	Tendencia ($^{\circ}\text{C decenio}^{-1}$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Agua Nueva	0.4277	-0.106	0.4277	-0.106	X								
Boca del Tesoro	0.0032	-0.460	0.0032	-0.460				X					
Calera	0.0001	-0.349	0.0001	-0.349				X					
Caopas	0.9478	-0.012	0.9478	-0.012	X								
Cedros	2.866E-05	-0.821	2.866E-05	-0.821				X					
Concepción del Oro	9.303E-07	0.596	9.3035E07	0.596									X
El Arenal	0.0559	-0.369	0.0559	-0.369	X								
El Cazadero	0.5193	-0.064	0.5193	-0.064	X								
El Platanito	0.4479	-0.090	0.4479	-0.090		X							
El Sauz	0.4148	-0.061	0.4148	-0.061	X								
Excamé III	0.2867	0.072	0.2867	0.072		X							
Gruñidora	2.136E-16	-1.334	2.136E-16	-1.334						X			
Jiménez del Teúl	4.832E-09	0.667	4.832E-09	0.667					X				
La Bufa	0.1867	0.524	0.1867	0.524	X								
La Villita	5.626E-25	1.058	5.626E-25	1.058							X		
Los Campos	8.713E-07	1.406	8.713E-07	1.406									X
Nochistlán	0.4360	0.054	0.4360	0.054		X							
Ojocaliente	0.6420	0.045	0.6420	0.045		X							
Potrero de Gallegos	0.0274	0.505	0.0274	0.505					X				
Sombrerete	0.0010	1.076	0.0010	1.076					X				
Tecomate	0.0017	0.247	0.0017	0.247					X				
Villa García	0.6932	-0.033	0.6932	-0.033	X								
Villa Hidalgo	5.668E-05	-0.524	5.668E-05	-0.524						X			
Zacatecas	1.130E-07	-0.403	1.130E-07	-0.403				X					
<i>Total de estaciones</i>					7	4	0	4	4	2	1	0	2

Nueve de las 24 series de temperatura mínima presentaron también tendencia significativa ($p \leq 0.05$), ocho negativa y una positiva (Cuadro 3). Las series con tendencia negativa fueron las de Concepción del Oro, El Platanito, Excamé III, Gruñidora, Los Campos, Nochistlán, Ojocaliente y Villa Hidalgo; en tanto que la serie con tendencia positiva fue la de La Villita (0.496°C por decenio). El promedio de todas las tendencias fue de -0.235°C por decenio. El promedio de las tendencias negativas fue de -0.448°C por decenio, mientras que el de las tendencias positivas fue de 0.191°C por decenio. El promedio de las tendencias negativas significativas fue -0.705°C por decenio. Estos resultados, en conjunto, coinciden con lo reportado por Folland *et al.* (2001) en el sentido de que el comportamiento de la temperatura mínima, a nivel local, sugiere un enfriamiento en muchas partes del mundo.

En general, los resultados de los dos tipos de temperatura extrema no se contraponen a lo reportado como incremento a nivel global de $0.084 \pm 0.021^\circ\text{C}$ por decenio de 1901 a 2005 y de $0.268 \pm 0.069^\circ\text{C}$ por decenio de 1979 y 2005 (Brohan *et al.*, 2006; Trenberth *et al.*, 2007), ya que el llamado calentamiento del planeta tierra ha sido evidenciado sobre la base de temperaturas medias a los niveles mensual y anual. Debe remarcar, sin embargo, que los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por algunos investigadores para otras localidades y regiones en el sentido de que se presentan tendencias de decremento e incremento en ambos tipos de temperatura extrema dependiendo de la localidad. Ello implica, entonces, que los resultados son una evidencia de que puede haber tendencias locales y regionales sin representatividad a nivel global, como previamente fue señalado por Ruiz *et al.* (2000) y Valdez-Cepeda *et al.* (2003a).

Escenarios con base en tendencias de temperaturas extremas

Los valores absolutos mayores de tendencias, por decenio, positivas y negativas para la temperatura máxima fueron de 1.406°C (Los Campos) y -1.334°C (Gruñidora), respectivamente. En cuanto a la temperatura mínima, los valores absolutos mayores fueron 0.496°C (La Villita) y -1.764°C (Los Campos), para tendencia positiva y negativa, respectivamente. Esto significa que las tendencias de ambas temperaturas sugieren que, en Los Campos, la oscilación térmica se ha incrementado; es decir, esta localidad presenta el escenario 9 de la Figura 1, junto con Concepción del Oro. Los resultados de escenarios posibles se presentan en el Cuadro 1. El aumento de la oscilación térmica asociada a un incremento de la temperatura máxima (escenario 5) se presentó en: Jiménez del Teúl, Potrero de Gallegos, Sombrerete y Tecamate. También, el incremento de la oscilación térmica se asoció a un decremento de la temperatura mínima (escenario 2) en El Platanito, Excamé III, Nochistlán y Ojocaliente. La disminución de la oscilación térmica puede asociarse al decremento significativo de la temperatura máxima (escenario 4), como en: Boca del Tesorero, Calera, Cedros y Zacatecas. Ninguna estación se asoció a los escenarios 3 y 8, de incrementos significativos de solo temperatura mínima y de incremento de temperatura mínima y decremento de temperatura máxima, respectivamente. Tres escenarios contemplan mantener la oscilación térmica sin cambio significativo. El escenario 1 sin tendencia significativa en ambas temperaturas extremas se asoció a las estaciones Aguanueva, Caopas, El Arenal, El Cazadero, El Sauz, La Bufa y Villa García. El escenario 6 (tendencia negativa significativa en los dos tipos de temperatura extrema) se presentó en los casos de las estaciones Gruñidora y Villa Hidalgo, lo cual sugiere que ambas localidades presentan una situación de enfriamiento coincidiendo con lo reportado por Folland *et al.* (2001). Por el contrario, La Villita presentó el escenario 7 asociado a tendencia positiva significativa en los dos tipos de temperatura extrema, es decir, a un claro calentamiento del aire en esa localidad.

El promedio de todas las tendencias de temperatura máxima mensual fue de 0.068°C por decenio, mientras que el de temperatura mínima mensual fue de -0.235°C por decenio. Este resultado puede interpretarse como un incremento de la oscilación térmica general en el estado de Zacatecas. Sin embargo, los resultados son una evidencia de tendencias locales y regionales sin representatividad a nivel global, es decir, implican cambio climático en 17 de 24 localidades con base en el comportamiento de las temperaturas extremas.

Conclusiones

Con base en las series de temperaturas extremas registradas en 24 estaciones localizadas en territorio del estado de Zacatecas se evidenciaron 7 escenarios de cambio climático. Diez estaciones se asociaron a un comportamiento de las temperaturas extremas que se vincularon a un incremento de oscilación térmica. Solo en La Villita se evidenció incremento tanto de la temperatura máxima como de la mínima. El promedio general de las 24 tendencias fue de 0.068°C por decenio para temperatura máxima; mientras que en el caso de temperatura mínima fue de -0.235°C por decenio. Las tendencias de ambas temperaturas extremas sugieren particularidades (7 escenarios) dignas de ser consideradas a nivel local para tomar decisiones acertadas en lo que concierne al manejo de los recursos naturales propios de actividades de producción animal y vegetal.

Agradecimientos

Al Fondo Mixto CoNaCyT-Gobierno del Estado de Zacatecas (Proyecto No. ZAC-2004-C01-0007).

Literatura Citada

- Balling, R.C.Jr.; Vose, R.S.; and Weber, G.-R. 1998. Analysis of long-term European temperature records: 1751-1995. *Clim. Res.* 10:193-200.
- Brohan, P.; Kennedy, J.J.; Harris, I.; Tett, S.F.B.; and Jones, P.D. 2006. Uncertainty estimates in regional and global observed temperature changes: A new data set from 1850. *J. Geophys. Res.* 111:D12106.
- Folland, C.K.; Karl, T.R.; Christy, J.R.; Clarke, R.A.; Gruza, G.V.; Jouzel, J.; Mann, M.E.; Oerlemans, J.; Salinger, M.J.; and Wang, S. W. 2001. Observed climate variability and changes. pp. 99-181. *In: Houghton, J.T.; Ding, Y.; Griggs, D.J.; Noguer, M.; van den Linden, P.J.; Dai, X.; Maskell, K.; and Johnson, C.A. (Eds.). Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK.*
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *Climatic Change 2001: Synthesis Report, Contribution of Working Group I and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK.* 397 p.
- Landscheidt, T. 2000. Solar wind near Earth: Indicator of variations in global temperature. *Proceedings of the 1st Solar and Space Weather Euro-Conference on the Solar Cycle and Terrestrial Climate. Santa Cruz de Tenerife, España. September 25-30, 2000.* pp. 497-500.
- Microsoft Corporation. 2007. Microsoft Office Excel 2007 (Computer Program). Part of Microsoft Office Enterprise. One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399, Web Site <http://office.microsoft.com/en-us/excel/default.aspx>.
- Montgomery, D.C.; Peck, E.A.; and Geoffrey, V.G. 2007. *Introducción al Análisis de Regresión Lineal. 3ra Edición, 4ta Reimpresión, Grupo Editorial Patria. México, D. F.* 588 p.
- Ruiz C., J.A.; Ramírez D., J.L.; Flores M., F.J.; y Sánchez G., J.J. 2000. Cambio climático y su impacto sobre la estación de crecimiento de maíz en Jalisco, México. *Fitotecnia*, 23(2):169-181.
- Scafetta, N.; and West, B.J. 2003. Solar flare intermittency and the Earth's temperature anomalies. *Phys. Rev. Letters* 90: 248701. 4 p.
- Soon, W.; Baliunas, S.; Posmentier, E.S.; and Okeke, P. 2000a. Variations of solar coronal whole area and terrestrial tropospheric air temperature from 1979- to mid-1998: astronomical forcings of change in earth's climate? *New Astron.* 4:563-579.
- Soon, W.; Soon, W.; and Baliunas, S. 2000b. Climate hypersensitivity to solar forcing? *Ann. Geophysic.-Atm. Hydr.* 18:583-588.
- Trenberth, K.E.; Jones, P.D.; Ambenje, P.; Bojariu, R.; Easterling, D.; Klein Tank, A.; Parker, D.; Rahimzadeh, F.; Renwick, J.A.; Rusticucci, M.; Soden, B.; and Zhai, P. 2007. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. *In: Solomon, S.; Qin D.; Manning, M.; Chen, Z.; Marquis, M.; Averyt, K.B.; Tignor, M.; and Miller, H.L. (Eds.). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, UK.* pp. 235-336.
- Valdez-Cepeda, R.D.; Hernández-Ramírez, D.; Mendoza, B.; Valdés-Galicia, J.; and Maravilla, D. 2003a. Fractality of monthly extreme minimum temperature. *Fractals* 11: 137-144.
- Valdez-Cepeda, R.D.; Mendoza, B.; Díaz-Sandoval, R.; Valdés-Galicia, J.; López-Martínez, J.D.; and Martínez-Rubín de Celis, E. 2003b. Power-spectrum behaviour of yearly mean grain yields. *Fractals* 11(3): 295-301.

CRITERIO EDAFO-CLIMATICO PARA LA DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LA ZONA SUR DEL MUNICIPIO DE CANDELARIA, CAMPECHE

Cano González Alejandro¹; Soto Rocha Jesús Manuel¹; García Gómez Martín Andrés¹ y Canales Cruz Roberto¹

¹Campo Experimental Edzná-CIRSE-INIFAP. E-mail: cano.alejandro@inifap.gob.mx

Resumen

Con la finalidad de aportar información del potencial productivo de la zona sur de municipio de Candelaria, Campeche a una mayor escala "nivel predial" se realizó un estudio de suelos que cubrió 718 predios de productores en 33 ejidos, mediante la elaboración de un perfil de suelo en cada uno de los predios y la tabulación de los resultados del análisis de las variables físicas y químicas de la información de las muestras de suelo. Las variables analizadas fueron: climáticas (Temperaturas máxima y mínima, Evaporación y Precipitación) y edáficas (Potencial de hidrogeno, Conductividad eléctrica, Materia orgánica, Nitratos, Fosforo, Potasio, Densidad aparente, Capa arable, Textura y Altitud) para definir con base a una escala definida el potencial productivo (Bajo, Medio, Alto y No Apto) de los principales cultivos de la región (Caña de Azúcar, Palma Africana, Limón, Maíz, Chile Jalapeño y los pastos Chontalpo y Guinea). La determinación de los parámetros limitantes de los cultivos se obtuvo de la base de datos ECOCROP de la FAO. Para cada especie vegetal se generó un plano a nivel de la zona de estudio con base a la metodología de álgebra de mapas en sistemas de información geográfica con la información climática y edáfica indicada. Las variables edafo-climáticas determinantes para definir el potencial productivo de la zona sur del municipio de candelaria fueron: pH, CE, pendiente, textura, temperatura, precipitación y el índice de humedad P/E. Las especies vegetales con las mayores superficies de mediano y alto potencial productivo fueron pasto Chontalpo, Caña de Azúcar y Maíz.

Palabras clave: *Potencial Productivo, Especies Vegetales, Sistemas de Información Geográfica.*

Abstract

In order to provide information on the productive potential of the southern of Candelaria, Campeche on a larger scale "farm level" was made a soil survey which covered 718 properties in 33 ejidos producer by developing a profile of ground in each of the plots and tabulation of the results of the analysis of physical and chemical variables of the information in the soil samples. The variables analyzed were: climates (maximum and minimum temperatures, evaporation and precipitation) and soil (potential of hydrogen, electrical conductivity, organic matter, nitrate, phosphorus, potassium, bulk density, topsoil texture and altitude) to define the basis a defined scale production potential (Low, Medium, High and Fail) of major crops in the region (sugarcane, palm oil, Lemon, Corn, Jalapeno Chile and pastures Chontalpo and Guinea). The determination of the limiting parameters of the cultures were obtained from the database ECOCROP FAO. For each plant species was generated at the level of the study area based on the methodology of map algebra in GIS with climate and soil information indicated. The soil and climate variables in defining the productive potential of the southern town of Candelaria were: pH, EC, slope, texture, temperature, precipitation and humidity index P/E. Plant species with the largest areas of medium and high yield potential were destroyed Chontalpo, sugar cane and corn.

Key Words: *Productive potential, Vegetals Species, Geographic Information Systems.*

Introducción

El análisis de los sistemas de producción es un tema básico para la planificación territorial. Esta se define como el proceso de evaluación del potencial biofísico, tecnológico, social, económico, cultural y político de un país, una región o un área en particular, con el fin de seleccionar formas óptimas de uso de la tierra. (Ruiz, 2003 y Aceves, 2008). La planificación territorial debe verse como un proceso dinámico, ya que las condiciones de desarrollo social, económico y cultural de la sociedad están cambiando permanentemente.

Desde inicios de la década de 1980 la FAO y el International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) han estado colaborando para expandir la metodología de las Zonas Agro-Ecológicas de la FAO (Agro-Ecological Zones – AEZ) para la evaluación de los recursos de la tierra basado en el suelo, terreno y características climáticas, aplicado a todo el mundo para el apoyo de decisiones a fin de optimizar el uso de los recursos de la tierra. La zonificación agroecológica incluye el inventario, la caracterización y la clasificación de los recursos de la tierra para las evaluaciones del potencial de los sistemas de producción agrícola, (FAO, 2005).

En México los estudios de zonificación — Estudio Fenoclimático de Cultivos y Determinación del Potencial Productivo de Especies Vegetales, entre otros”, han sido aplicados por las dependencias del sector para medir la viabilidad de los programas y proyectos implementados en el territorio nacional con la finalidad de desarrollo y lograr la soberanía alimentaria del país. En la mayoría de estos, la principal limitación es la falta de bases de datos climáticas y edáficas completas y de detalle, que condicionan los resultados obtenidos para lograr una planificación óptima de los agroecosistemas potenciales y actuales dedicados a las actividades del sector primario del territorio nacional, los cuales se pueden incrementar o reducir en función de la rentabilidad financiera y económica de la especie vegetal en análisis, (Turrent, 1986; Medina, 2003; López, 2008).

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó a petición de productores del municipio de Candelaria, interesados en la implementación de un ingenio en la zona sur del municipio, sin embargo debido a que la Caña de Azúcar no por sí sola no representa todo el abanico de opciones que pudiera tener el municipio se decidió incluir otros cultivos alternativos (Maíz, Palma Africana, Chile Jalapeño, Limón Persa, Guinea y Chontalpo).

El área de estudio está conformada por 33 ejidos (Figura 1) de la zona sur del municipio de Candelaria, Campeche.

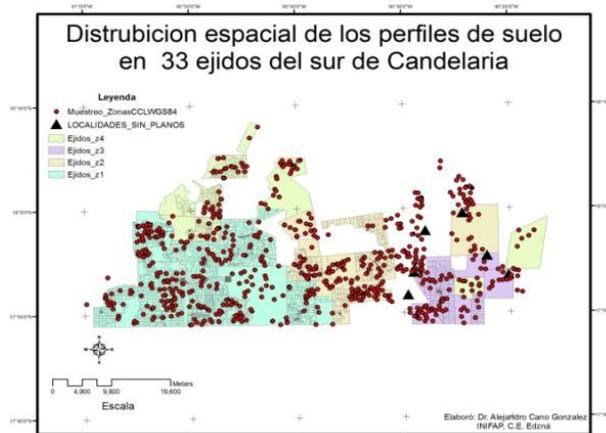


Figura 1. Distribución espacial de los perfiles de suelo en la zona sur de Candelaria, Campeche.

Los componentes involucrados en determinación del potencial productivo son: clima, suelo y topografía. Los parámetros climáticos utilizados se derivaron del sistema de información ambiental digital del INIFAP, el cual proviene de un proceso de acopio, manejo, análisis e interpretación de datos diarios de Temperatura máxima, Temperatura mínima, Precipitación y Evaporación, correspondientes a estaciones meteorológicas de tipo ordinario de la red de estaciones de la Comisión Nacional del Agua (CNA) en Campeche; así como de la propia red de Estaciones climatológicas del INIFAP. Concentrando la información climatológica de 31 estaciones, referente al período 1961-2000 de la CNA y 26 estaciones del INIFAP.

Con la finalidad de aportar información del potencial productivo de la zona sur de municipio se realizó a una mayor escala un estudio de suelos que cubrió 718 predios de productores de 33 ejidos mediante la elaboración de un perfil de suelo en cada uno de los predios y la tabulación de los resultados del análisis de las variables físicas y químicas de las muestras de suelo. Las variables edáficas analizadas fueron: (Tipo de suelo, Potencial de hidrogeno "pH", Conductividad eléctrica —CE, Materia orgánica —MØ", Nitratos, Fosforo, Potasio, Densidad aparente —DÄ, Capa arable —A", Textura, Altitud y Pendiente), de cada perfil de suelos se tiene un archivo fotográfico digital. Las variables fueron agrupadas de acuerdo a Moreno, 1983 y Curiel, 1989.

La información topográfica precedió del Modelo Digital de Elevación del INEGI (INEGI, 2003) y de los datos tomados con GPS en los predios de los productores.

Las especies vegetales que se consideraron agrupadas según su categoría son las siguientes:

- a) Especies agrícolas básicas: Maíz.
- b) Especies industriales: Caña de Azúcar y Palma Africana.
- c) Especies hortícolas: Chile Jalapeño.
- d) Especies frutícolas: Limón.
- e) Especies de uso pecuario: Pastos Guinea y Chontalpo

Las necesidades o requerimientos de los cultivos normalmente se describen por rangos y suelen reportarse por especie. Según los intervalos que se consideren así será el resultado del diagnóstico; entonces, si se toman en cuenta valores óptimos, las áreas potenciales resultantes supondrán la obtención de altos rendimientos y rentabilidad para el cultivo. Para las especies vegetales de interés al municipio, los requerimientos agroecológicos son producto de investigación documental (Turrent, 1986; ECOCROP I y II de FAO, Ruiz et al, 1999), y de resultados y experiencias de investigación de expertos del INIFAP.

El procedimiento radica en cotejar las disponibilidades agroecológicas del área de estudio, con las necesidades de clima, suelo y topografía de las especies de uso agrícola, pecuario o forestal de interés, realizando comparaciones de requerimientos clima-suelo de los cultivos contra las condiciones ambientales de la región de estudio (Medina et al, 1997 y Pereira, 1982). La selección de áreas se realiza mediante álgebra de mapas multicriterio mediante los sistemas de información geográfica (SIG) IDRISI Andes y Arc Gis (Eastman, 2006 y ESRI 2006b). La metodología de diagnóstico del potencial productivo reporta resultados para cuatro estratos: 1) Áreas con alto potencial, 2) Áreas con mediano potencial, 3) Áreas con bajo potencial y 4) Áreas no aptas. Para cada especie se obtuvo la imagen de las áreas con potencial alto, mediano, bajo o no apto, así como el número de hectáreas que representan.

Resultados y Discusión

De acuerdo al trabajo, el área de estudio tiene una superficie de 117,000 hectáreas; Las cuales se describen tanto para el diagnóstico climático —ambiental" así como para el diagnóstico de áreas potenciales de especies vegetales.

Diagnóstico ambiental.

Características climáticas. A continuación se describen las siguientes variables climáticas en la zona sur del municipio de candelaria.

Precipitación media anual. El área presenta tres franjas de PMA (1650-1750, 1550-1650 y 1450-1550 mm) aumentando de norte al sur.

Evaporación media anual. El área presenta dos franjas de EMA (1350-1450 y 1450-1550 mm) aumentando de sur al norte.

Índice Precipitación/Evaporación medio anual. El área presenta tres franjas de IP/E (0.95-1.05, 1.05-1.15 y 1.15-1.25) aumentando de norte al sur.

Temperaturas. La Temperatura máxima media anual presenta tres franjas (31.5-32.0, 32.0-32.5 y 32.5-33.0) disminuyendo de norte al sur. La Temperatura media anual presenta dos franjas (25.5-26.0 y 26.0-26.5) disminuyendo de oeste a este. La Temperatura mínima media anual presenta cuatro franjas (19.0-19.5, 19.5-20.0, 20.0-20.5 y 20.5-21.0) disminuyendo de oeste a este.

Características Edáficas.

Tipo de suelo: El Conjuntos Edafológicos Serie II de INEGI, indica que los suelos presentan fase física —scasa profundidad” o son arcillosos, lo cual limita su capacidad productiva, destacándose dentro de los arcillosos los Vertisoles y Gleysoles, en cuanto a las unidades con fase física destacan los Leptosoles y Cambisoles. En base a los análisis de suelo de los 718 perfiles los tipos de suelos existentes en el área son Cambisoles, Luvisoles, Vertisoles y Gleysoles.

Capa arable (Primer horizonte). El valor mínimo del primer horizonte fue de 12 cms., el promedio fue de 29.9 cms. y el valor máximo fue de 74 cms.

Textura. La arcilla está presente en una condición alta (> 55 %), en 654 de las 718 muestras de suelo.

Densidad aparente. Con base en los análisis solo 131 muestras tienen una condición de suelo de no compactación y 516 tienen condición de compactación media a alta y compactación alta, situación que es consistente con la principal actividad de la zona, la ganadería.

pH. En 410 muestras de la zona se tienen valores de pH ácidos (4.2 y 6.59), 230 presentan un pH neutro (6.7 a 7.3) y 54 muestras resultaron con pH moderadamente alcalino (8.0 a 8.5).

Conductividad eléctrica. Prácticamente la totalidad de los suelos (655 muestras) de la zona tienen condiciones de Conductividad Eléctrica de 0 a 2 mmhos/cm, es decir suelos no salino.

Materia orgánica. En 398 muestras del área se tiene un contenido de por ciento de materia orgánica de muy pobre a pobre, 265 están en una condición de mediano contenido y solo 131 tiene una condición de materia orgánica de rica a muy rica.

Nitratos. En 460 muestras del área el contenido de nitratos se clasifica como muy bajo.

Principales especies vegetales en la zona. Los principales cultivos agrícolas del área son maíz, calabaza —higua”, frijol, chile jalapeño y arroz con respecto a los estacionales, en cuanto a los perennes destacan palma africana, naranja, limón agrio y mango en base a las superficies sembradas, cosechadas y siniestradas, volumen de producción y rendimiento. En términos generales casi el 100 %, de la superficie cultivada es de temporal, a pesar de contar con un alto potencial hidro-agrícola en la zona, dada la presencia de un gran número de cuerpos de agua y escurrimientos superficiales.

Potencial productivo especies vegetales. En el cuadro 1, se muestran los resultados de los escenarios de las superficies para cada uno los estratos productivos de las siete especies vegetales de importancia económica en la zona y un ejemplo de la distribución espacial de los estratos en el municipio de Pedro baranda, para el cultivo de Caña de azúcar.

Cuadro 1. Superficies por estrato productivo en especies vegetales en Candelaria, Campeche

ESPECIES VEGETALES	ESTRATO PRODUCTIVO (HAS)		
	BAJO	MEDIO	ALTO
Guinea	69,196	42,409	26,585
Chontalpo	39,485	19,564	36,485
Maíz	57,402	32,014	81,132
Chile Jalapeño	56,730	3,253	6,460
Limón Persa	88,442	58,797	18,102
Palma Africana	69,771	1,046	47,894
Caña de Azúcar	63,744	35,426	85,948



Conclusiones

La precipitación es el parámetro climático más importante de la zona, ya que define una estación húmeda y seca durante el año, lo cual impacta en el tipo de especies vegetales y sus rendimientos, en cuanto al factor edáfico destacan como limitantes pH, Materia orgánica, nitratos y la Densidad Aparente.

Las especies perennes presentan mejor aptitud productiva que las especies vegetales estacionales, destacando caña de azúcar y pasto Guinea.

El estudio dislumbra la importancia de los estudios prediales, como herramienta para el análisis agronómico de los predios productivos mediante el manejo agrícola específico diferenciado y explicando los rendimientos y la productividad de las especies vegetales en cultivo.

Se debe recalcar que las clasificaciones "no apto", "bajo" y "media" no indica que no es posible establecer el cultivo o incrementar su potencial productivo, si no que, se requiere de una baja a alta inversión para propiciar las condiciones favorables para el cultivo.

Literatura Citada

- Aceves Navarro, L. et al. 2008. Estudios para Determinar Zonas de Alta Potencialidad de los Cultivos en el estado de Tabasco (Informe General). Tomo I SAGARPA-GOBIERNO DEL ESTADO DE TABASCO- CP- INIFAP. Villahermosa, Tabasco, México. 65p.
- Curiel B., A. 1989. Degradación actual y potencial de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco. Tesis de maestría. Escuela de Graduados, Facultad de Agronomía, Universidad de Guadalajara, Predio las Agujas, Zapopan, Jalisco, México. 89p.
- Diario Oficial de la Federación, 2002. NOM-021-RECNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. 31 de diciembre de 2002. 85p. Eastman, J.R. 2006. Idrisi Andes: Tutorial. Clark Labs, Clark University. Worcestre, MA., USA. 327p.
- ECOCROP I y II de FAO: <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>
- ESRI. 1999. ArcView GIS, Using ArcView GIS. Environmental Systems Research Institute Inc. Redlands, CA., USA. 340 p.
- FAO, 1978. Agroecological zones project. World Soil Resources. Report Num. 48. Vol. 1, Africa. 158 p.
- FAO, 1997. Zonificación Agroecológica. Guía General. Boletín de suelos de la FAO 73. Roma, Italia. 138 p.
- López Báez, W. et al. 2008. Zonas Potenciales y Recomendaciones Técnicas para la Producción Sustentable de Maíz en Chiapas. Libro Técnico Núm. 1. INIFAP-CIRPAS-CECECH. Ocozucuatla de Espinosa, Chiapas, México. 228p.
- Medina García, G. et al. 2003. Potencial Productivo de Especies Agrícolas en el estado de Zacatecas. CEZacatecas, CIRNorteCentro. INIFAP. Calera, Zacatecas, México. 157p.
- Moreno D., R. 1993. Criterios para la interpretación de análisis de suelos. Documento de circulación interna. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Toluca. Toluca, Edo. de México. 26 p.
- Ruiz Corral, J.A. et al. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. INIFAP-CIRPAC- Campo Experimental Centro de Jalisco. Libro Técnico Núm. 3. Guadalajara, Jalisco, México. 324p.
- Ruiz Corral, J. A. et al. 2003. Recursos Edafoclimáticos para la Planeación del Sector Productivo en el Estado de Jalisco. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Centro de Investigación Regional del Pacífico Centro, Campo Experimental Centro de Jalisco. Libro Técnico Núm. 2. Guadalajara, Jalisco, México. 172p.
- Turrent Fernández, Antonio. 1986. Estimación del Potencial Productivo Actual de Maíz y Frijol en la Republica Mexicana. CP. Chapingo, México. 165p.

PRODUCCION DE FORRAJE VERDE A PARTIR DE TRES CULTIVARES DE MAÍZ EN YUCATÁN

González Rodríguez Felipe de Jesús¹, Borges Gómez Lizette, Pinzón López Luis Leonardo², Magaña Magaña Miguel Angel², Sangínes García José Roberto², Urrestarazu Gavilán Miguel².
Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. Departamento de Posgrado e Investigación¹. Universidad de Almería, España, Departamento de producción Vegetal². E-mail: delagro2006@yahoo.com.mx

Resumen

La producción de forraje verde a partir de maíz es una alternativa de nutrición valiosa en época de sequía para los sistemas de explotación animal. En Yucatán, existen diversos cultivares de maíz para la producción en campo pero ninguno ha sido probado para producir germinados con el fin de ser utilizados como forraje verde. El objetivo de este trabajo fue evaluar los cultivares: País Tuxpeño, X'nuuknal y Sinaloa para la producción de forraje verde bajo condiciones de invernadero. El diseño experimental fue de bloques al azar con cinco repeticiones para un total de 15 unidades experimentales. Se registró el peso seco de semillas, producción de biomasa y la relación peso fresco planta/peso seco de la semilla. Hubo diferencias significativas ($p \leq 0.01$) entre peso seco de semillas, producción de biomasa y la relación peso fresco de planta/peso seco de semilla. El cultivar País Tuxpeño presentó la mayor producción de biomasa vegetal apta para la producción de forraje verde en Yucatán, produciendo 10 kg de forraje verde por cada kg de semilla.

Palabras clave: Biomasa, Forraje verde hidropónico.

Abstract

The production of green forage from corn is an alternative of valuable nutrition in times of drought to animal exploitation systems. In Yucatan, there are several cultivars of maize production in field but none has been proven to produce sprouts in order to be used as a green fodder. The objective of this work was to assess the cultivars: País Tuxpeño, X'nuuknal and Sinaloa to the production of forage green under greenhouse conditions. The experimental design was blocks random with five repetitions for a total of 15 experimental units. The dry weight of seeds, production of biomass and the relationship saw fresh weight plant/dry weight of the seed. There were significant differences ($p \leq 0.01$) between dry weight of seed, production of biomass and the relationship fresh weight of plant/dry seed weight. Cultivate País Tuxpeño presented greater biomass production plant suitable for the production of green forage in Yucatán, producing 10 kg of green forage for each kg of seed.

Key Words: Biomass, green fodder hydroponics.

Introducción

La biomasa fresca para forraje verde hidropónico está determinada por el tipo de semilla y por la capacidad de producción de biomasa. La relación entre la semilla y biomasa obtenida en las primeras etapas del crecimiento y desarrollo de las plántulas se conoce como la producción de forraje verde hidropónico, y es representada como la relación entre la producción de biomasa y el peso seco de semilla Vargas (2008). En la práctica, el proceso de producción consiste en la germinación de semillas y su posterior crecimiento en ausencia de suelos, se produce en recipientes planos y por un lapso de tiempo no mayor a los 12 o 15 días FAO (1993). En la producción de forraje verde hidropónico el aporte de nutrientes esta dado por la solución nutritiva, sin el empleo de un sustrato sólido. Sin embargo el uso de materiales orgánicos como sustrato puede resultar en beneficio de la calidad nutritiva del forraje para consumo animal además de reducir los costos que conlleva la fertilización química. El objetivo de este trabajo fue evaluar los cultivares: País Tuxpeño, X'nuuknal y Sinaloa para la producción de forraje verde bajo condiciones de invernadero en presencia de un sustrato orgánico.

Materiales y Métodos

La siembra de maíz se realizó el 10 de junio del 2011 en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán. Se utilizaron tres cultivares de semillas de maíz: País Tuxpeño (origen Becal, Campeche con 12 % de humedad), X'nuuknal (origen Maxcanú, Yucatán con 12 % de humedad) y semilla Sinaloa (origen maíz comercializado en sacos en Baca, Yucatán con 12 % de humedad). Las semillas estuvieron almacenadas sin control de temperatura ni humedad. El clima del lugar corresponde a un cálido sub húmedo, con lluvias en verano, con una precipitación media de 1200 mm anuales y 27 °C de temperatura media anual, y con una altitud de 20 msnm (García, 1973).

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con cinco repeticiones. Para evaluar los tres cultivares de maíz antes mencionados, se utilizaron 375 semillas, 125 de cada cultivar de maíz. Las semillas se separaron en lotes de 25 semillas representando cada unidad experimental (repetición, cultivar). Luego se sembraron 10 lotes de semillas de maíz en composta orgánica sobre cada bandeja de plástico rígido de 37 cm de ancho, 60 cm de largo y 3.5 cm de altura. Y se regaron a diario hasta punto de drenaje. Los iones necesarios para la nutrición de las plántulas de maíz fueron aportados por el sustrato orgánico con la siguiente composición: pH (relación 1:2) 6.48; C.E. (relación 1:5) 2.78mS cm⁻¹; N total 2.24 %; P total 3129.2 mg kg⁻¹; K total 4794.5 mg kg⁻¹; Ca total 86775.8 mg kg⁻¹ y Mg total 4478.2 mg kg⁻¹. Se midió y registró el peso seco de las semillas (PSS), el peso fresco de la planta (PFP) y la relación peso fresco planta/peso seco de la semilla (R PFP/PSS). El análisis de varianza se realizó con los caracteres evaluados. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el ANOVA y comparación de medias por Tukey con un nivel de confianza del 95 % (Statgraphics v. 5.1.).

Resultados y Discusión

Peso seco de las semillas

El análisis de varianza del peso seco promedio de semillas presentó diferencias significativas entre cada uno de los tres cultivares de semillas de maíz (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuadrados medios del análisis de varianza del peso seco de semillas

Fuente de variación	Grados de libertad	Peso seco semilla
Intercepto	1	0.956596
Cultivar	2	0.0048 *
Error	12	0.000162

* Significativo

El mayor peso seco promedio fue de 0.2848 g en las semillas de maíz Sinaloa seguido del la semilla de maíz X'nuuknal con 0.2504g y por último el menor peso seco promedio se observó en las semillas de maíz País Tuxpeño con 0.2224g (Figura 1). En este ensayo los pesos secos registrados para las tres tipos de semillas fueron similares a los rangos de (0.190 a 0.300g por grano) reportados para maíz por la FAO (1993) y que además constituye el 42 por ciento del peso seco total de la planta de maíz. Conocer el peso seco promedio de las semillas de maíz como una de las referencias más importantes de sus diferencias estructurales, permite indicar cuál de estos tres cultivares de semillas es el más apropiado para la producción de biomasa fresca en Yucatán.

Peso fresco de la planta

El análisis de varianza del peso fresco de las plántulas de maíz medidos hasta los 12 días después de la siembra, registró diferencias significativas entre cada uno de los tres cultivares evaluados (Cuadro 2).

En la Figura 2 se observa el mayor peso fresco por planta de 2.2352 g del maíz País tuxpeño seguido del maíz X'nuuknal con 1.6761g y por último el maíz Sinaloa con 0.7756 g. Se atribuye que el mayor peso fresco de la planta del maíz País Tuxpeño se originó por el uso del sustrato orgánico. En la mayoría de los países en donde se ha establecido los sistemas de producción de forraje verde hidropónico se ha generalizado el uso único de una solución nutritiva y la ausencia de un sustrato sólido. Aún cuando este

procedimiento ha mostrado buenos resultados, existen estudios que reportan los beneficios de utilizar adicionalmente a la solución nutritiva los sustratos sólidos. Romero *et al.*, (2009), reportaron que la mezcla de paja de trigo molida y en grano propició que el riego aplicado por goteo se distribuyera uniformemente en las charolas de producción favoreciendo una humedad homogénea y con ello una germinación uniforme. Por su parte Campelo *et al.*, (2007) compararon el uso de cascarilla de arroz con el pasto elefante picado, para la producción de forraje verde a partir de germinados de maíz y reportaron que el forraje verde producido en el sustrato de cascarilla de arroz fue de menor calidad que el producido en pasto elefante picado. La variable de peso fresco de plántulas de maíz es uno de los mejores indicadores para producir en forma óptima biomasa vegetal del forraje verde hidropónico, por lo cual en este estudio, se pudo determinar que la semilla de maíz País Tuxpeño presentó los mejores pesos frescos de plántulas características que la califican apta para la producción de biomasa fresca en Yucatán.

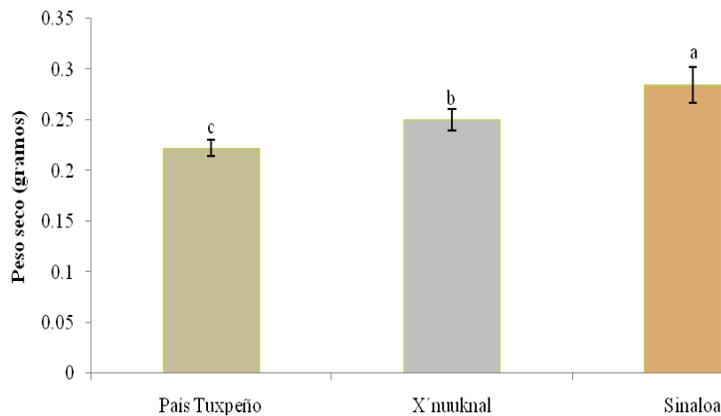


Figura 1. Comportamiento del peso seco promedio de las semillas de tres cultivares de maíz. Literales diferentes indican medias con diferencias significativas

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza del peso fresco de plantas de maíz

Fuente de variación	Grados de libertad	Peso fresco planta
Intercepto	1	31.18469
Cultivar	2	3.51025*
Error	12	0.04452

* Significativo

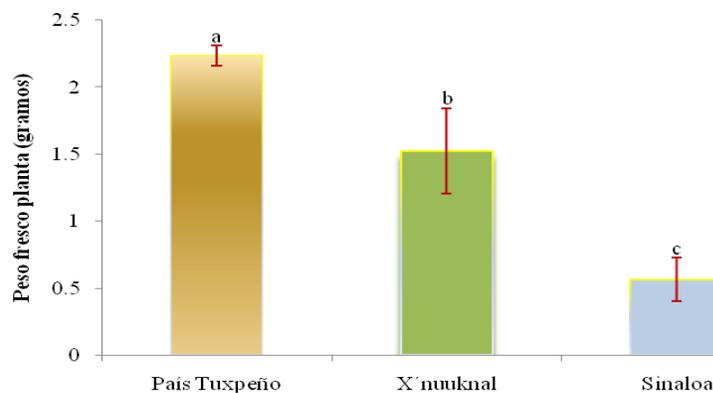


Figura 2. Comportamiento del peso fresco planta de tres cultivares de maíz. Literales diferentes indican medias con diferencias significativas

Relación peso fresco planta con el peso seco semilla

La respuesta entre la relación del peso fresco por planta y el peso seco de las semillas de los tres cultivares de maíz medidos hasta los 12 días después de la siembra, registra en sus análisis de varianza, que existieron diferencias significativas para los tres tipos de semillas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza de la relación entre el peso fresco de plantas y el peso seco de semillas de maíz

Fuente de variación	Grados de libertad	Peso fresco planta/Peso seco semilla
Intercepto	1	546.586
Cultivar	2	81.553*
Error	12	0.5513

* Significativo

Al comparar el comportamiento de la relación de peso fresco de la planta con el peso seco de la semilla se observó que la mayor biomasa fresca fue producida por el maíz País Tuxpeño a pesar de presentar los menores pesos secos de las semillas, seguida del maíz X'nuuknal y Sinaloa que presentaron relaciones muy bajas de producción de biomasa fresca y que las hacen no aptas para producir forraje verde hidropónico. En diversos estudios se ha señalado que la variación en el peso de la semilla influyen en forma directa en la producción de masa fresca y que no siempre las semillas viables más grandes o más pesadas son las que dan los mejores rendimientos es decir el patrón de respuesta no es uniforme aun en un mismo ambiente y de la especie con que se trabaje (Black, 1957; Schaal, 1980). En la Figura 3 se observa que la mayor relación entre el peso fresco por planta y el peso seco de semilla la tuvo el maíz País Tuxpeño con 1:10.05 seguido del maíz X'nuuknal con 1:6.70 y por último el maíz Sinaloa con 1:2.41. Se atribuye en este ensayo que el sustrato orgánico causó un efecto directo sobre el crecimiento de las plántulas del cultivar maíz País que originó las relaciones obtenidos. En la comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero Vargas (2007) obtuvo las siguientes relaciones de semilla: material producido en el caso de sorgo fue de 1: 5,45, para el maíz de 1: 4,3 y para el arroz de 1: 3,58. De acuerdo con Tarrillo (2007) a partir del kg de semilla se puede producir una masa forrajera de 6 a 8 kg consumible en su totalidad.

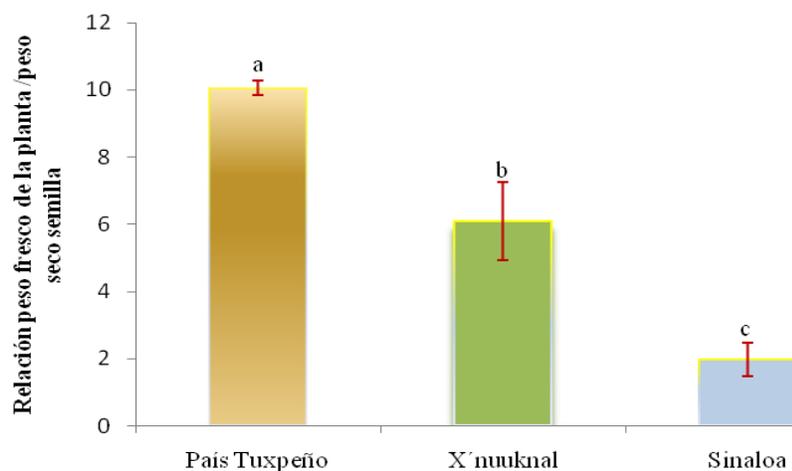


Figura 2. Comportamiento de la relación peso fresco planta/peso seco semilla de tres cultivares de maíz. Literales diferentes indican medias con diferencias significativas

Conclusiones

El sustrato orgánico favoreció la mejor producción de biomasa fresca del cultivar maíz País Tuxpeño al presentar el mayor peso fresco de plantas, con una relación de 1:10 es decir la siembra de un kilogramo de semilla tuvo una producción de biomasa fresca de 10 kilogramos para forraje verde hidropónico apto para consumo animal. Además, el sustrato orgánico aportó los requerimientos necesarios para nutrir las plantas hasta los 12 días después de la siembra y esto conlleva a evitar gastos en la compra de fertilizantes químicos y sobre todo se logró un manejo mucho más sencillo del proceso de producción del forraje verde hidropónico lo cual facilitará su implementación en los sistemas de explotación animal en las épocas críticas de sequía que generan una baja producción de forraje producido en forma convencional y mediante el uso del sustrato orgánico se logró un uso más eficiente del agua ya que conservó la humedad y se regó únicamente cada segundo día.

Literatura Citada

- Black, J. N. 1957. The early vegetative growth of three strains of subterranean clover (*Trifolium Subterraneum*).
- Campêlo Guimarães J. E., Gomes de Oliveira J. C., Rocha André da Silva, José Francisco Carvalho J. F., Moura G.C., Oliveira M.E., Lopes da Silva J.A., da Silva Moura J.W., Costa V.M., De Moraes Uchoa L. 2007. Forragem de milho hidropônico produzida com diferentes substratos. R. Bras. Zootec., v.36, n.2, p.276-281.
- García E., 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), UNAM, México.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).1993. El maíz en la nutrición humana. Colección FAO: Alimentación y Nutrición. N0. 25. Roma, Italia. 160p.
- Romero Váldez M. E., Córdova Duarte G. y Hernández Gallardo E. O. 2009. Producción de Forraje Verde Hidropónico y su Aceptación en Ganado Lechero. Acta Universitaria, Universidad de Guanajuato, México. Vol. 19, Núm. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 11-19.
- Schaal, B.A.1980. reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis*. Amer. J. Bot. 67:703-709.
- Tarrillo, H. 2007. Forraje verde hidropónico, forraje de alta calidad, para la alimentación animal.
- Vargas, R.C.F. 2008. Comparación productiva de forraje verde hidropónico de maíz, arroz y sorgo negro forrajero. *Agron. Mesoam.* 19: 233-240.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE ALGODONERO POR TRES AÑOS EN EL VALLE DE JUAREZ, CHIHUAHUA

Corral Díaz Baltazar¹, Juan Pedro Flores Márquez¹, Pedro Osuna Ávila¹, Mario Valenzuela Vázquez¹, Evangelina Olivas Enríquez¹ y Alberto Borrego Ponce¹
Universidad Autónoma de Ciudad Juárez¹ bcorral@uacj.mx

Resumen

En el Valle de Juárez, el algodón constituye la principal actividad agrícola desde hace más de 60 años, sembrando las variedades que los distribuidores de semilla ofertan sin conocer su potencial productivo en la zona. El objetivo fue seleccionar las más productivas con excelente calidad de fibra. El estudio se realizó del 2007 al 2009 en Praxedis G. Guerrero, Chihuahua, con las variedades DP445, DP393, DP455BR, FM966 y FM958LL, en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. El análisis estadístico consideró variedades, años y la interacción de ambos. Se encontraron diferencias estadísticas entre variedades para altura de planta, cantidad de bellotas, peso de capullo, índice de semilla, porcentaje de fibra, longitud de fibra, uniformidad y resistencia. Para años solo en peso de capullo y rendimiento de fibra no hubo diferencias significativas; en cambio en la interacción solamente la longitud de fibra y altura de planta resultaron con diferencias estadísticas. La conclusión es que las cinco variedades se recomiendan por la producción de algodón en hueso, desde 4534 kg/ha hasta 4948 kg/ha en DP393 y FM958LL respectivamente. La mejor longitud (1.17"), uniformidad (83.6%) y resistencia (32g tex) fue para FM966. La finura fue similar en todas, con 4.68 índices de micronaire en promedio. En 2007 se presentaron los más bajos rendimientos y la menor calidad de fibra. El productor podrá sembrar variedades transgénicas o convencionales según sus necesidades.

Palabras Clave: *Variedades, Rendimiento, Calidad de fibra.*

Abstract

At the Juarez Valley, cotton crop constitutes the main agricultural activity since more than 60 years, farmers has been planting varieties that seed distributor companies offer without any information regarding its productive potential for the zone. The objective was to select the varieties with the best yield, and excellent quality of fiber. The study was conducted from 2007 to 2009 in Praxedis G. Guerrero, Chihuahua, with the varieties DP445, DP393, DP455BR, FM966, and FM958LL. A randomized block experiment design with four replications was used. The statistical analysis included varieties, years and their interaction. Statistical differences were found between varieties for variables plant height, amount of bolls, weight of bolls, index of seed, percentage of fiber, fiber length, uniformity and resistance. For variable years only weight of bolls and fiber yield there were no significant differences; however for the interaction only fiber length and plant height showed statistical differences. As conclusion, the five varieties are recommended for cotton production with yield from 4534 to 4948 kg/ha for DP393 and, FM958LL, respectively. The best fiber length (1.17"), uniformity (83.6%), and resistance (32g tex) was for FM966; All varieties were similar for fiber finure, with a micronaire index of 4.68 on average. In 2007, the lowest cotton yield, and fiber quality were detected. Farmers will be able to plant conventional or transgenic varieties according to their need.

Key Words: *Varieties, Yield, Fiber Quality.*

Introducción

En el 2010 se sembraron 120 mil hectáreas con algodón a nivel nacional, Chihuahua se ha mantenido por más de seis años como el principal productor, sembrando más del 50% de la superficie nacional, con una producción de 3.99 pacas por hectárea. En la región del Valle de Juárez, Ascensión, Casas Grandes y Buenaventura, Chihuahua, se cultiva más del 85% de la superficie estatal, (SIAP 2011). En el Valle de Juárez este cultivo constituye la principal actividad agrícola, por ser de los más adaptados a las condiciones de salinidad de los suelos y aguas de mala calidad; se cuenta con la infraestructura para el

despite y la experiencia de los productores cultivarlo. Sin embargo, año tras año los productores se enfrentan con el problema de cual variedad sembrar, porque los distribuidoras de semilla venden lo que las empresas generadoras tienen en sus almacenes, y no siempre son las más aptas en la zona donde se van a cultivar. Por lo cual se hace necesario evaluar y seleccionar adecuadamente las variedades que se van a sembrar de acuerdo a las fechas de siembra, la disponibilidad de agua, la problemas de malezas y plagas, entre otros (Corral *et al.*, 1989). Uno de los componentes tecnológicos que se deben ajustar constantemente son las variedades, porque cada año se generan nuevos genotipos y los productores los compran sin saber si en realidad son los mejores para su región. Bourland (1998), Norton *et al.* (2007) y la Universidad de Louisiana LSU (2011) entre otros, indican que la única forma de conocer el verdadero potencial de rendimiento es sembrándolas en ambientes contrastantes y por lo menos en tres años consecutivos, bajo un diseño experimental para tener la certeza de recomendar las mejores o las más estables en beneficio del productor. Escoger una variedad puede ser difícil ya que la disponibilidad de genotipos transgénicos complica el proceso (Norton *et al.* 2007), sin embargo los resultados de investigación ayudan para la toma de decisiones Thaxton *et al.* (2010). Bourland (1998) en Arkansas menciona que los cambios tan rápidos en la generación de variedades de algodón dificultan la repetitividad de los materiales para ser recomendados; de una evaluación de 48 variedades por tres años consecutivos solo 18 fueron comunes en los tres años, dificultando una buena recomendación. Según Corral (2008) del 2000 al 2006 no se realizaron ensayos de rendimiento en la región norte del estado de Chihuahua; fue hasta el 2007 que se iniciaron las evaluaciones en el Valle de Juárez y se han continuado hasta la fecha, con el objeto de identificar, seleccionar y recomendar las variedades más aptas para la zona. Husman *et al.* (2002) en 11 ambientes de Arizona encontraron diferencias significativas entre genotipos para el rendimiento de fibra, resistencia, longitud y finura, con valores mínimos y máximos de: rendimiento de fibra 575 a 1708 libras/acre; 24.3 a 38.0 g/tex de resistencia; 1.02 a 1.20 pulgadas de longitud; finura de 3.50 a 5.60 im; e índices de uniformidad en la longitud de la fibra de 79 a 83.5%. McWilliams (2006) con la evaluación de seis variedades en Las Cruces, N.M. encontró diferencias significativas para rendimiento de algodón en hueso desde 3765 lb a 4654 lb/acre, porcentaje de fibra (39.4 a 43.7%); longitud (1.23 a 1.14 pulgadas); uniformidad (80.12 a 82.8%); resistencia (26.86 a 31.67 g/tex); para micronaire no hubo diferencias, con promedios de 3.46 de im. Blanche *et al.* (2006) evaluaron variedades originales y transgénicas en Louisiana en siete ambientes donde la STV474 fue la mejor en rendimiento con 2532 lb/acre y de las más estables; la de menor producción fue la STV4793R con 2091 lb/ac, de las menos estables. En resistencia fueron muy similares las dos variedades con 29.6 y 29.8 g/tex respectivamente. En longitud de fibra la STV474 presentó un promedio de 27.9mm, y las menores STV4793R y SG501BR con 27.7mm. El índice de semilla fue mayor en la STV4892BR con 9.08gr. Clay *et al.* (2007) evaluaron variedades en varios ambientes de Arizona; en Mohave Valley encontraron diferencias significativas en 7 variedades: DP455BR superó a las FM9588LL y FM966LL con 725, 695 y 677 lb/acre, los porcentajes de fibra para cada variedad fueron de 31.9, 34.0 y 30.9; finura de 4.8, 5.2 y 4.5 im; longitud 1.14, 1.12 y 1.13 pulgadas y resistencia 32.2, 32.5 y 30.8 g/tex. En cambio en Somerton, la FM958LL fue la mejor en rendimiento de las 9 evaluadas con 1024 lb/acre. En Maricopa la DP455BR fue la mejor de 7 con 1156 lb/acre. Bourland *et al.* (2008) resumen los resultados de las evaluaciones en cuatro localidades en tres diferentes años en Arkansas; encontrando que la DP 454 BG/RR ocupó el tercer lugar en rendimiento de fibra con 1355 lb/a. mientras que la DP 147RF y la DP 167RF ocuparon el lugar 15 y 19 de las 24 evaluadas. Thaxton *et al.* (2010) en una comparación de tres años en la región del Delta, Mississippi, las mejores variedades fueron la DP434RR, DP 432RR, DP 445BG/RR con 1335, 1249 y 1248 libras/ acre de producción con pesos de capullos de 5.21, 4.92 y 5.20g; longitud de 1.14, 1.09 y 1.12 pulgadas; resistencia de 26.89, 30.17 y 30.28 g/tex; micronaire 4.65, 5.13 y 4.76 im; de cada genotipo respectivamente. Mientras que en la zona de Hill, la variedad 445BG/RR resultó en octavo lugar de producción, lo cual indica una fuerte interacción genotipo ambiente. Corral y Flores (2009) ensayaron 10 variedades en el Valle de Juárez, donde la DP0935B2RF, DP0912B2RF, DP164B2RF, DP0949B2RF superaron la 5 ton/ha de algodón en hueso o 1880 kg/ha de fibra y todas se clasificaron como fibra largas; el 80% de la evaluadas fueron altamente resistentes y siete como fibras gruesas. Norton *et al.* (2010) con 35 genotipos reportan producciones desde 1430 hasta 2300 libras, con parámetros de calidad de fibra excelentes, un grupo de 16 fueron las mejores

con 2077 libras o mas; los rangos encontrados en este grupo fueron de 3.5 a 5.2 gr de peso de capullo; 28.9 a 32.7 g/tex de resistencia; 1.08 a 1.17 pulgadas de longitud; y 4.4 a 5.2 valores de micronaire. El Objetivo fue seleccionar las variedades mas rendidoras y con excelente calidad de fibra para las condiciones del Valle de Juárez en tres años de evaluación.

Materiales y Métodos

Los experimentos se establecieron durante 2007 en el Rancho Universitario, el 2008 y 2009 en el Rancho Rodela; en Praxedis G. Guerrero, Chih., a una altura de 1 094 msnm, 106° 00'3.36" LO y 31° 22'43.89" LN; en suelos de textura franco-arenosa, pH de 7.3 y una conductividad eléctrica de 3.2 dS/m. Se sembraron cinco variedades: DP445, DP393, DP455BR, FM 966 y FM958LL en el mes de abril, bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones; las parcelas experimentales fueron de cuatro surcos de 10 m de largo y la útil los dos centrales de 5m de largo; una separación de surcos de 0.96m. Las prácticas de manejo fueron las del paquete tecnológico de la zona. Se realizaron dos aplicaciones de insecticidas contra chinche lygus y gusano falso medidor. Antes de la cosecha se seleccionaron cinco plantas de manera aleatoria, para medir altura de planta (AP) y número de frutos por planta (NF) incluyendo capullos y bellotas cosechables, con ello determinó el porcentaje de precocidad (PP) dividiendo los capullos entre NF. Una muestra de 40 capullos fue colectada para hacer las determinaciones de peso de capullo (PC) y medir la calidad de fibra. El despepito de fibra se realizo en el Campo Experimental Laguna (CELALA) de Matamoros, Coah. Las variables evaluadas fueron: índice de semilla (IS) o peso de 100 semillas; porcentaje de fibra (PF) el peso de la fibra entre el peso total de capullos expresado en porcentaje. La calidad de la fibra se midió con el equipo HVI En el laboratorio de fibras del CELALA considerando longitud de fibra (LF); uniformidad de fibra (UN); resistencia (RE) y finura (FF) por medio del micronaire. El rendimiento de algodón en hueso (RAH) se estimó con el peso de los capullos cosechados en la parcela útil y el rendimiento de fibra (RF) con el RAH*PF. Las variables se analizaron bajo un arreglo factorial de variedades y años; la separación de promedios fue con la prueba DMS al 5%.

Resultados y Discusión

En los análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas para el factor variedades en AP, NF, PC, IS, PF, LF, UN y RF; lo que demuestra que los componentes de rendimiento y la calidad de la fibra no es igual en los cinco genotipos, tal como lo demuestran Husman *et al.* (2002), Mc William (2006), Corral y Flores (2009) y Norton *et al.* (2010) entre otros, en varias evaluaciones; sin embargo para rendimiento RAH y RF no hubo diferencias entre las variedades lo que indica que cualquiera de ellas puede ser recomendada para sembrarse en el Valle de Juárez. Para el factor años casi todas variables presentaron diferencias estadísticas, con excepción de peso de capullo y rendimiento de fibra. En la interacción variedades por año solamente altura de planta y longitud de fibra fueron diferentes, las otras variables tuvieron un comportamiento similar en los tres años de evaluación. En el Cuadro 1 se observan los promedios de cada variable para el factor variedades, el promedio general y el valor de la diferencia mínima significativa (DMS). La DP455BR fue las mas sobresaliente en AP con 117cm, NF con 12.4, y con un PF estadísticamente igual al de DP445 42.8 y 42.9%. En tanto la FM866 fue la mejor para PC, IS, LO y RE con 6.3g , 11.2g, 1.17 pulgadas y 32g/tex, respectivamente, estos datos coinciden con los de Clay *et al.* (2007) en la Localidad de Marana, Az. En la uniformidad de la longitud de la fibra los genotipos transgénicos resultaron los menos uniformes, 81.7% en DP455BR y 82.2% FM958LL. El rendimiento fue estadísticamente igual en todas las variedades, con producciones desde 4534kg/ha de algodón en hueso en DP393 hasta 4948 kg/ha en FM958LL; para fibra DP445 alcanzo los 2046Kg/ha y DP393 con 1833 fue la menos productiva, sin embargo, todas se consideran aptas para sembrarse en la región ya que al no haber diferencia estadística, su comportamiento es similar; esto permitirá que el productor seleccione la que mas le convenga de acuerdo a sus necesidades o problemas de plagas o malezas, porque en áreas infestadas de maleza podrá sembrar DP455BR o FM958LL; en cambio si no se han detectado problemas de gusano rosado o bellotero, por las campañas de erradicación que realizan puede sembrar las variedades convencionales. La mayoría de los trabajos reportados en evaluaciones indican diferencias estadísticas entre genotipos, en

algunos ambientes unos resultan mejores pero en otros la respuesta es opuesta, Husman *et al.* (2002); Mc Williams (2006); Bourland *et al.* (2008); Corral y Flores (2009); Norton *et al.* (2010), entre otros.

Cuadro 1. Promedios de los componentes de rendimiento y calidad de fibra para el factor variedades evaluadas durante tres años en el Valle de Juárez, Chihuahua.

Variedad	AP	NF	PP	PC	IS	PF	RAH	RF	LO	UN	RE	MI
DP445	100 b	10.8ab	88.9a	5.3c	9.0c	42.9a	4778a	2046a	1.14b	83.5a	29.1b	4.6 a
DP393	99.7b	11.1ab	90.6a	5.5bc	10.2b	40.6b	4534a	1833a	1.13bc	84.1a	29.1b	4.8 a
DP455BR	117 a	12.4 a	88.0a	5.1c	8.4c	42.8a	4642a	1971a	1.10c	81.7b	28.6b	4.6 a
FM966	93.1c	8.99 c	85.7a	6.3 a	11.2 a	39.7b	4837a	1909a	1.17 a	83.6a	32.0a	4.7 a
FM958LL	93.6c	10.4bc	86.1a	6. ab	10.8ab	40.1b	4948a	1990a	1.15ab	82.2b	29.3b	4.8 a
DMS	5.49	1.71	0.05	0.48	0.94	2.04	655	289	0.028	1.26	1.55	0.23
Promedio	101	10.7	87.9	5.62	9.95	41.2	4747	1949	1.139	83.0	29.6	4.68

Variables con la misma letra indican que son iguales estadísticamente ($\alpha = 0.05$).

En el Cuadro 2 se reportan los valores de las variedades en los tres años de evaluación; en el 2007 los componentes de rendimiento NF (12.8), PP(97.5%) y PF (43.8%) fueron superiores estadísticamente, sin embargo, no se reflejó en la producción de RAH que fue el menor con 4322 Kg/ha y los otros con casi 5000 kg, lo que indica que no todos los años se alcanza el mismo rendimiento, porque las condiciones del desarrollo no son las mismas. La mayor longitud de fibra y resistencia se logró en el 2009 con 1.178 pulgadas y 31.4g/tex. La uniformidad y la finura fueron similares en términos estadísticos el 2008 y 2009 83.4% de UN y 4.74 índices de micronaire en el 2008 y 83.6% y 4.84im en 2009. Las fibras quedan clasificadas como largas, alta uniformidad, entre alta y muy alta la resistencia y finura media, tal y como lo indican los resultados de Corral y Flores (2009) Bourland *et al.* (2008) y Thaxton *et al.* (2009).

Cuadro 2. Promedios de los componentes de rendimiento y calidad de fibra para el factor años de las variedades evaluadas en el Valle de Juárez, Chihuahua.

Año	AP	NF	PP	PC	IS	PF	RAH	RF	LO	UN	RE	MI
2007	101 b	12.8 a	97.5a	5.59a	9.1 b	43.8 ^a	4322b	1889a	1.100c	82.0b	27.5c	4.46b
2008	107 a	9.62b	73.2c	5.64a	10.0 a	41.6b	4987a	2071a	1.140b	83.4a	29.9b	4.74a
2009	94 c	9.81b	93.0b	5.65a	10.7 a	38.3c	4934a	1890a	1.178a	83.6a	31.4a	4.84 ^a
DMS	4.25	1.33	4.28	0.37	0.73	1.58	507.7	224.4	0.022	0.98	1.20	0.18

Variables con la misma letra indican que son iguales estadísticamente ($\alpha = 0.05$).

El análisis de varianza para la interacción variedades por año detectó diferencias estadísticas para AP y LF, confirmando que la respuesta de los genotipos está influenciada por el ambiente de evaluación, principalmente para la longitud de fibra como lo indican Norton *et al.* (2010) y Corral *et al.* (1989), donde la expresión genética es de un 40% y el resto modificada por el ambiente. En la Figura 1 se observa que las variedades FM958LL y FM966 fueron las de mayor longitud en el 2009 con 1.193 y 1.182 pulgadas respectivamente.

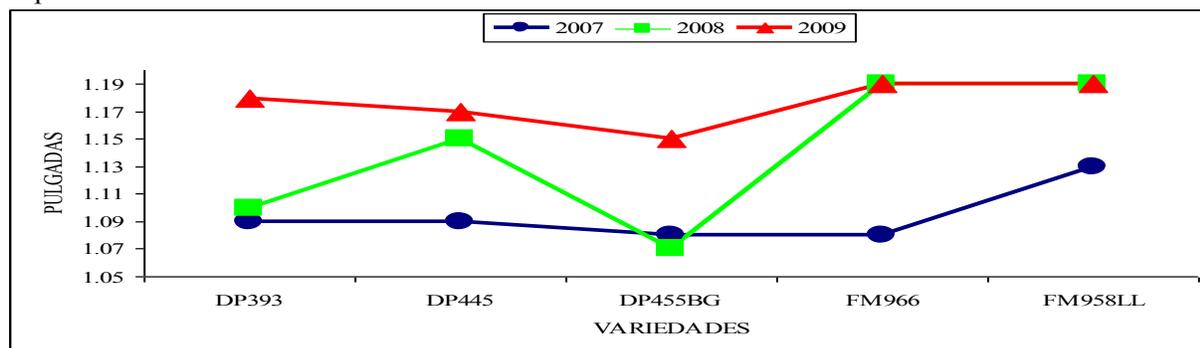


Figura 1. Longitud de fibra en seis variedades de algodónero en tres años de evaluación en el Valle de Juárez

Conclusiones

Al no detectar diferencias estadísticas en producción las cinco variedades se recomiendan para siembras comerciales del Valle de Juárez, con RAH desde 4534 kg/ha para la variedad DP393 hasta 4948 kg/ha para FM958LL. La mejor calidad de fibra fue para FM966 con 1.17" de longitud, 83.6% de uniformidad y 32 g/tex de resistencia. El promedio finra fue de 4.68 im . En 2007 se encontró el menor rendimiento y calidad de fibra. FM958LL y FM966 fueron las de mayor longitud en el 2009 con 1.193 y 1.182 pulgadas. El productor podrá sembrar variedades transgénicas o convencionales según sus necesidades.

Literatura Citada

- Blanche S. B., G.O. Myers, J.M. Zumba, D. Caldwell and J. Hayes. 2006. Stability comparison between conventional and near-sogenic transgenic cotton cultivars. *J. Cotton Sci.* 10: 17-28.
- Bourland F.M. 1998. What's the breeding pipeline?. Proceeding of the 1998. Cotton research meeting and summaries of cotton research in progress" Arkansas Agr. Exp. Sta. Special Report 188: 62-66.
- Bourland F.M., A. B. Beach, J.M. Hornbeck, and A. J. Hood. 2008. Arkansas cotton variety test 2007. Arkansas Agr. Exp. Sta. Division Agriculture. Research Series 556: 35p.
- Clay P., R. Norton, K. Nolte, E. Taylor, S. Husman, M. Zerkoune, and K. White 2007. Arizona upland cotton variety testing program, 2005. Arizona Cotton Report. P-151. Cooperative Extension Agricultural Experiment Station. Univ. Arizona. AZ1437. 49-62.
- Corral D. B. 2008. Adecuación de la fecha de siembra en algodónero para el Valle de Juárez, Chihuahua. Informe de Proyecto. UACJ. Cd. Juárez, Chih. 52p.
- Corral D. B., Figueroa V. U. y Flores M.J.P. 1989. Logros de la investigación agropecuaria en el área de influencia del campo experimental Valle de Juárez 1974-1989. Publ. Especial No. 7 INIFAP-SAGAR. Praxedis G. Guerrero., Chih. 107p.
- Corral D. B. y Flores M. J.P. 2009. Evaluación agronómica de 10 variedades de algodón en el Valle de Juárez, Chih, durante el ciclo agrícola P-V2009. Informe Final del proyecto 374. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Cd. Juárez, Chih. 36p.
- Husman S., R. Norton, P. Clay, L. Clark, M. Zerkoune and K. White. 2002. Arizona upland cotton variety testing program, 2001. University of Arizona Cooperative Ext. Agr. Expr. Sta.- USDA. Series p-130:61-74p.
- Louisiana State University. 2011. Cotton varieties for Louisiana. Agr. Center Research & Extension Publ. 2135. 28p.
- McWilliam D. 2006. New Mexico farmer cotton trials. NMSU Cooperative Extension. Las Cruces N.M. 9p.
- Norton E.R., D.H. Hatch, and K.F. Ellsworth. 2007. 2006. Arizona cotton growers association breeding program advanced and preliminary strain testing program. Arizona Cotton Report. P-151. Cooperative Extension Agricultural Experiment Station. Univ. Arizona. AZ1437. 5-22
- Norton E.R., T.B. Hatch, C.V. Innes and K.F. Ellsworth 2010. 2009 Arizona upland cotton Advanced strain testing program. Univ. Arizona. AZ 14 p.
- SIAP. 2011. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera [en línea] <http://www.siap.gob.mx/avance> de siembras y cosechas por estado julio 2011.mht.
- Thaxton P.S., T.P. Wallace, N.W. Buehring, M. Shankle, W.E. Clark and S.S. Deng. 1 2009. 2009 Mississippi cotton variety trials. Inf. Bull 456. March 2010. MAFES Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station. Mississippi State University. 47 p.

PROPUESTA DE UN MÉTODO DE REHABILITACIÓN EN UN SUELO SALINO DE TEOLOYUCAN, ESTADO DE MÉXICO

Meléndez Navas Regina Patricia, García Fragoso Roberto, Aguirre Gómez Arturo
Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.
E-mail: patito_patty@hotmail.com

Resumen

La salinización del perfil de un suelo puede ser definida como el incremento en la concentración y la eventual precipitación de sales en la solución del suelo. La rehabilitación de suelos debe ser un proceso completo e integral, con objeto de combatir diversos problemas que en ellos presenten; por ejemplo, la salinización del suelo. Existen diversas opciones para llevar a cabo rehabilitación según necesidad, entre los cuales se encuentran: lavado con agua de buena calidad, incorporación de materia orgánica, yeso, cal, azufre, entre otros. En el trabajo que se presenta se planteó la rehabilitación de una parcela de suelo con base en tratamientos químicos evaluados bajo condiciones de invernadero y se propuso la transferencia de dicha estrategia de invernadero al campo. Se determinó usar lavado y adición de yeso al suelo para cambiar de un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de 54% a 40%, 30%, 20% y 10% en éste. En todos los tratamientos se obtuvieron resultados positivos con la utilización evaluados a través de la medición de parámetros agronómicos en crecimiento de las plantas.

Palabras clave: Salinidad, rehabilitación, yeso, lavado de sales.

Abstract

The salinization of the soil profile can be defined as the increase in concentration and eventual precipitation of salts from the soil solution. The soil remediation process should be integral in order to lessen different problems, as in the present case, salinity. There are different options for soil rehabilitation, good quality water flushings, organic matter, gypsum, lime sulfur, incorporation, among others. In this paper, rehabilitation strategies to reduce soil salinity were proposed, on the basis of chemical treatments evaluated under greenhouse conditions and the transference of rehabilitation strategies from greenhouse to field is suggested. Flushing and gypsum addition were proposed to lower Exchangeable Sodium Percentage (ESP) from 54% to 40%, 30%, 20% and 10% respectively. All treatments obtained positive results evaluated through agronomic parameters of plants measurements.

Key Words: Salinity, rehabilitation, gypsum, and salts flushing.

Introducción

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y consiste en la capacidad de suministrar nutrientes en cantidad y proporciones necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas. El suelo salino es aquel que contiene suficientes sales solubles como para reducir el crecimiento y desarrollo de las plantas, con conductividad eléctrica igual o mayor a 4 dS m⁻¹. Para realizar estudios con propósitos de evaluar salinidad de los suelos, se necesitan procedimientos de muestreos en campo, determinaciones analíticas y finalmente la elaboración de las interpretaciones respectivas a los análisis y su informe correspondiente (López, 1985).

Las principales determinaciones analíticas para evaluaciones de salinidad consideradas en la NOM-021-SEMARNAT-2000, para la caracterización del suelo son: pH, la conductividad eléctrica, el porcentaje de saturación de bases (K, Ca, Mg y Na), el porcentaje de saturación de sodio. La concentración de carbonatos en el suelo es mediana. Los suelos salinos cuentan con una concentración muy alta de cloruros, sulfatos, fosfatos.

La rehabilitación de suelos debe ser un proceso completo e integral, con objeto de combatir diversos problemas que en ellos presenten; como son, la salinidad, los procesos de acidificación, contaminación con diferentes materiales, etc., para así poder reincorporarlos a una actividad productiva, útil y sustentable, mediante la aplicación de diversos tratamientos. Hay una diversa cantidad de opciones para poder generar

un tratamiento de rehabilitación entre los cuales se encuentran los lavados, incorporación de materia orgánica, yeso, cal, azufre, entre otros. El método de recuperación para un suelo salino no-sódico es el lavado de sales del suelo con agua dulce de buena calidad. Debido a la no adsorción de los aniones por el suelo en cantidades significativas la profundidad de penetración del frente de desalinización o frente del lavado es muy importante. Para los suelos sódicos los iones Na^+ adsorbidos tienen que ser intercambiados por iones de Ca^{2+} . Generalmente se usa el yeso debido a su bajo costo como materia prima (Aguirre, 1993).

Como objetivo tenemos, diseñar estrategias de rehabilitación para disminuir la salinidad del suelo basadas en tratamientos químicos evaluados bajo condiciones de invernadero y proponer la transferencia de las estrategias de rehabilitación de invernadero al campo.

Materiales y Métodos

Se definieron cuatro tratamientos para disminuir el PSI del suelo de 54% a valores de 40%, 30%, 20% y 10%, respectivamente. Un control con suelo no salino y un testigo (con suelo salino) para comparar su desarrollo, con diez repeticiones cada uno de ellos y dos plantas por repetición, dando un total de 60 contenedores y 120 plantas, en un diseño experimental tipo parcela dividida.

Con este fin se prepararon los contenedores con capacidad de 120 g, con suelo tamizado, homogenizado y mezclado con la cantidad de yeso necesaria para cada uno de los tratamientos, que se describe a continuación.

Tamizado: Para este proceso todo el suelo fue pasado por un tamiz de 1.6 y 0.002 mm, del cual solo se usó el suelo recolectado de en medio de los tamices.

Pesado y cuarteado: Después de recolectado el suelo se pesaron 350 g de cada una de las muestras de suelo obtenidas, posteriormente se preparó la mezcla de todas las muestras por el método de cuarteo.

Tratamientos con yeso y blancos: Una vez obtenida la mezcla homogénea se pesaron 1,400 g de suelo para cada uno de los tratamientos y se pesó la cantidad de yeso necesaria para cada tratamiento. Posteriormente se preparó la mezcla del suelo con el yeso específico de cada tratamiento, (por método de cuarteo).

Para el control, se adquirió suelo de la parcela número diez de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, para tener una referencia del desarrollo de las plantas en un suelo no salino.

Para el testigo se llenaron los respectivos cartuchos con el suelo salino sin nada de yeso ni lavado.

Tratamiento 1 (PSI 10) fueron agregados 167.32 g (251 t ha^{-1}) de yeso, + 1,400 g de suelo y se llenaron los cartuchos.

Tratamiento 2 (PSI 20) fueron agregados 32.66 g (49 t ha^{-1}) de yeso, + 1,400 g de suelo y se llenaron los cartuchos.

Tratamiento 3 (PSI 30) fueron agregados 9.99 g (15 t ha^{-1}) de yeso + 1,400 g de suelo y se llenaron los cartuchos.

Tratamiento 4 (PSI 40) fueron agregados 3.33 g (5 t ha^{-1}) de yeso, + 1,400 g de suelo y se llenaron los cartuchos.

Una vez llenos los cartuchos se humectó el suelo con agua corriente y en el momento en el cual drenó la primera gota de agua se selló la parte posterior de los cartuchos y se mantuvo así durante 8 días cuidando que el suelo siempre se encontrara humectado, con la finalidad de que el yeso reaccionara con el agua y el suelo. Una vez pasados los 8 días se procedió a quitar el sello y realizar el lavado del suelo con agua corriente.

Control suelo no salino: sin tratamiento, testigo suelo salino: el tratamiento 1 (105 mL por cartucho); el tratamiento 2 (109 mL por cartucho); el tratamiento 3 (114 mL por cartucho) y el tratamiento 4 (118 mL por cartucho).

Bioensayos: Una vez realizado el lavado del suelo se procedió con la siembra del maíz puma 1076 colocando dos semillas en cada cartucho, se taparon y se le agregó 0.5 cm de suelo, manteniendo la planta 15 días a partir de la emergencia, con el suelo con una humedad constante, por medio de ligeros riegos diarios. Una vez germinada la semilla se procedió a medir los siguientes parámetros: Porcentaje de

germinación, altura del tallo, grosor de tallo, clorofila, largo de raíz, materia fresca de planta y materia seca de planta.

Resultados y Discusión

Porcentaje de germinación: El porcentaje de germinación de la semilla de maíz puma 1076 fue del 99%, lo cual según Tadeo y Espinosa (2004) significa que la semilla cuenta con la calidad biológica necesaria para su germinación, emergencia y desarrollo, siendo importante en una semilla comercial y certificada.

Altura de la planta: De acuerdo con los datos experimentales se observó que, a proporción decreciente de yeso y creciente de lavado, la altura de la planta es menor con respecto al tiempo (Figura 1). Esta variación en el crecimiento, se debe a que entre más iones Na^+ se encuentren adsorbidos y no sustituidos por iones Ca^{2+} , es decir, a mayor PSI, los primeros impiden el desarrollo óptimo de las plantas porque representan toxicidad hacia ellas, lo cual explica la diferencia entre las alturas de los individuos experimentales para cada tratamiento.

Se observó que el control es el que tiene un mayor crecimiento, debido a que es un suelo no salino, lo cual genera un mejor desarrollo fisiológico.

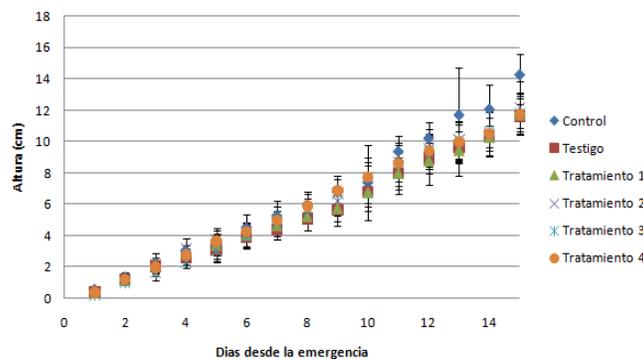


Figura 1. Altura de la planta contra tiempo desde la emergencia.

El análisis de varianza revela que las diferencias significativas se presentan en los días 1, 4, 9, 14 y 15, de modo que el valor de p es mayor a 0.05 para los días anteriores, y mostrando que el suelo control, es el que presenta una diferencia significativa respecto a todos los demás tratamientos.

Grosor de tallo: Observamos la tendencia de los individuos a desarrollarse de mejor manera en el tratamiento control y en el tratamiento 1; siendo el que contiene mayor cantidad de yeso y menor lavado de manera decreciente hacia los siguientes tratamientos. El testigo resultó más bajo, seguido por el tratamiento 4. Las diferencias en el grosor del tallo pueden distinguirse a partir del sexto día de cada tratamiento, presentando de mayor manera a partir del día 13 alcanzando su mayor engrosamiento (Figura 2).

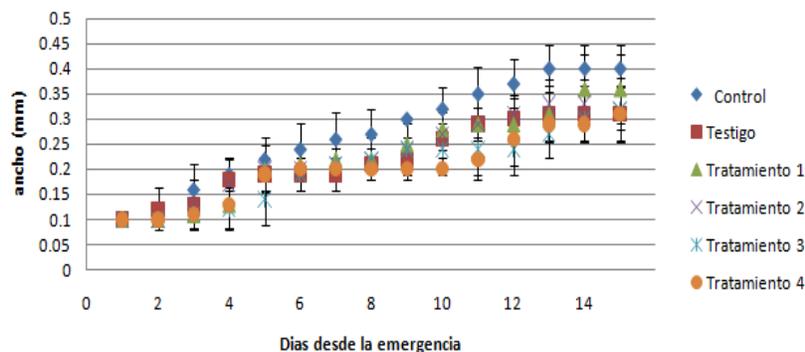


Figura 2. Grosor de tallo contra tiempo desde la emergencia.

El análisis de varianza revela que las diferencias significativas se presentan a partir del cuarto día, de modo que el valor de p es mayor a 0.05 para los días anteriores, y mostrando nuevamente que el testigo suelo no salino es el que presenta una mayor diferencia significativa respecto a todos los demás tratamientos.

Clorofila: La tendencia general de la cantidad de clorofila en unidades SPAD, establece mayores diferencias con el paso del tiempo. Los tratamientos con menor cantidad de yeso y mayores lavados presentan valores más bajos. No es común, que el testigo presente las mayores concentraciones de clorofila, lo cual puede ser explicado por su menor altura y grosor, tiene hojas más pequeñas, lo que, proporciona una menor área foliar; esto podría dar mayor concentración en menor espacio. La otra posible explicación es que en estos estadios de las plantas, aún la cantidad de nutrientes es suficiente para mostrar la tendencia a la disminución de clorofila en el último día. Esto se debe al mayor desarrollo de las raíces que se encuentran dentro de los cartuchos, los cuales no aportan el suficiente espacio para su desarrollo, por lo que al no contar con más volumen para el desarrollo de raíces, comienza a generar el denominado estrés radicular, y que se puede observar como una deficiencia nutrimental, y a su vez en una menor producción de clorofila (Figura 3).

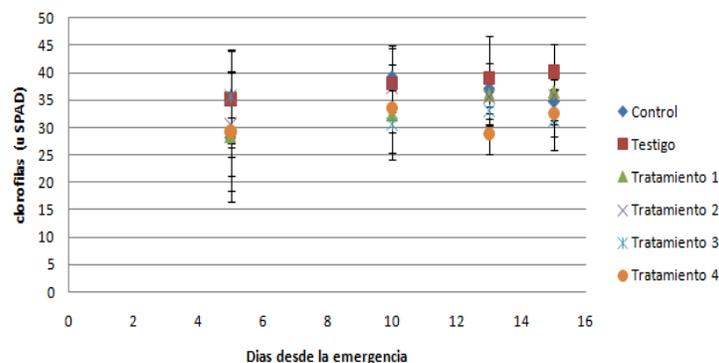


Figura 3. Cantidad de clorofilas en hojas viejas.

El análisis de varianza revela que las diferencias significativas se presentan en los días 10, 14 y 15 de modo que el valor de p es mayor a 0.05 para el día anterior, mostrando que la cantidad de clorofila de cada tratamiento no es igual entre ellos mismos.

Longitud de raíz: De acuerdo con los datos experimentales se puede observar que el testigo de suelo salino sin modificación presenta el menor crecimiento de raíz, esto como resultado de la cantidad de sales presentes en el suelo que impiden que la planta realice su ajuste osmótico por lo cual hay una baja absorción de nutrimentos lo que genera un pobre desarrollo radicular y aéreo (Otegui y Slafer, 2000). El resto de los tratamientos y el control presentan una longitud en la que estadísticamente no se presentan diferencias con altos valores de significancia, independientemente de que a la vista sean distintos, lo que lleva a pensar que tuvieron un buen ajuste osmótico y absorción de nutrientes por lo que se presentó un buen desarrollo radicular y aéreo de la planta (Figura 4).

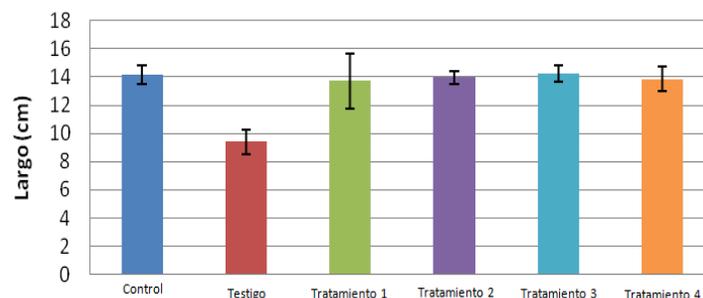


Figura 4. Longitud de raíz a los 15 días de emergencia.

El análisis de varianza revela que no se presenta una diferencia significativa para todas las plantas, siendo el control el que presenta una mayor diferencia respecto a los demás tratamientos.

Masa fresca y masa seca: Respecto a la masa en seco, el porcentaje aprovechable es el siguiente: Control (22 %), testigo (21 %), tratamiento 1(23%), tratamiento 2 (17%), tratamiento 3 (19%) y tratamiento 4 (18 %). El tratamiento 1 y el control muestran la mayor cantidad de materia seca y fresca aprovechable, respectivamente. El análisis de varianza presenta una diferencia significativa para la masa fresca entre todos los tratamientos y no se encontraron diferencias significativas entre tratamiento para la masa seca.

En la Figura 5, se puede observar el desarrollo aéreo de las plantas a los diez días posteriores a la siembra, en ella se puede distinguir que el control, tiene un mayor desarrollo fisiológico, mientras el testigo es el que presenta el menor desarrollo, referente a los cuatro tratamientos se pueden observar similitudes en el tamaño de la planta, pero diferencias en el grosor de las hojas. La Figura 6 muestra la comparación del crecimiento final de las plantas; se puede observar que el testigo es el que menor desarrollo radicular y aéreo tuvo, por lo que presenta una planta con pocas y cortas raíces y según William (1958) esto puede provocar una falta de adsorción de nutrimentos y agua, lo que lleva a un pobre desarrollo fisiológico, poco sostén y poco crecimiento.

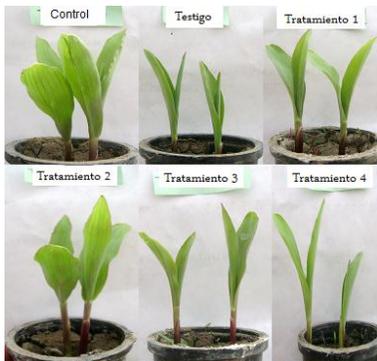


Figura 5 Fotografía de crecimiento a los 10 días desde la siembra



Figura 6 Fotografía comparativa de crecimiento a los 15 días desde la emergencia

Transferencia a campo: De acuerdo con la investigación realizada, el escalamiento de las cantidades de yeso para su aplicación en parcela revela que los costos para la implementación de los distintos tratamientos son los que se presentan en el Cuadro 1, tomando en cuenta el precio de la tonelada de yeso ofertado por el distribuidor ubicado en Tula, Hidalgo, fue de \$ 1,000 por tonelada de yeso.

Cuadro 1. Costo total por hectárea.

Tratamientos	Ton h ⁻¹	Costo (\$)
Tratamiento 1 (PSI 10)	251	25,000
Tratamiento 2 (PSI 20)	49	49,000
Tratamiento 3 (PSI 30)	15	15,000
Tratamiento 4 (PSI 409)	5	5,000

Según la FAO (1983), el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) límite para el desarrollo de los cultivos más importantes del mundo es de 22%, con lo cual se puede sugerir que el tratamiento 2 es el más indicado para su aplicación al campo, ya que el costo total para la aplicación del yeso sería de \$49,000, generando un PSI de 20%, pudiendo de esa manera realizar la siembra de diferentes cultivos para el aprovechamiento del productor y al igual dando un resultado positivo para la rehabilitación de la parcela. El uso del tratamiento 1 generaría una inversión excesiva para el productor, independientemente de poder

otorgar un PSI excelente para los cultivos, y el uso de los tratamientos 3 y 4, generarían una inversión mucho más baja pero un PSI muy alto para poder tener una parcela productiva.

Conclusiones

De acuerdo con las estrategias de rehabilitación diseñadas se observó que el tratamiento 1 es el que obtuvo mejores valores de los parámetros fisiológicos de maíz: altura de planta, ancho de tallo, longitud de raíz, peso seco y peso fresco; y van disminuyendo conforme aumenta el PSI obtenido con cada tratamiento. Esto visto desde una perspectiva de mejores parámetros agronómicos ya que desde la perspectiva de costo-beneficio el mejor tratamiento es el 2.

Literatura Citada

- López, R. 1985. El diagnóstico de suelos y plantas: Métodos de campo y laboratorio. Mundiprensa. España. 288 pp.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales [SEMARNAT]. 2000. NOM-021-RECNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. México.
- Aguirre, G.A., 1993. Química de los suelos salinos y sódicos. FESC/UNAM. México. 130 pp.
- Tadeo, R.M., y Espinoza, C.A. 2004. Producción y Tecnología de Semillas. FESC-UNAM. México. 105 pp.
- Otegui, M.E., Slafer, G.A. 2000. Physiological Bases for Maize Improvement. Food products press. USA. 217 pp.
- William, H. 1984. El maíz: Estudio botánico y económico. Secretaria de Fomento. USA. 164 pp.
- Driessen, P.M. 1986. A first introduction to quantified evaluation procedures., Agricultural University Wageningen Centre for world food studies. The Netherlands.

CRECIMIENTO Y BIOMASA DE DOS ESPECIES MEZCALERAS INDUCIDOS POR SUELOS Y FERTILIZACIÓN

Bautista-Sánchez Gilberto¹, Trinidad-Santos Antonio², Martínez-Ramírez Saúl¹,
Pedro-Santos Eucebio César¹

¹Universidad Tecnológica de la Mixteca. km 2.5 carretera Huajuapán-Acatlím, C. P. 69000, Huajuapán de León, Oaxaca, México. gil69@mixteco.utm.mx, ²Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Tezcoco km 36.5, C. P. 56230, México.

Resumen

El efecto de la fertilización no se ha evaluado en magueyes de la Mixteca Oaxaqueña, a pesar de que se emplean para la producción de mezcal. Se estudió en invernadero, la influencia del suelo de Acatlím, Miltepec y Yodoyuxi y la fertilización con 30-20-15, 60-40-30 y 90-60-45 kg de N-P-K ha⁻¹ en el crecimiento y biomasa de plántulas de *Agave angustifolia* Haw. y *A. potatorum* Zucc. Se empleó un diseño experimental factorial 2 x 3 x 4 en una distribución completamente al azar. Se evaluaron 24 tratamientos, con cuatro repeticiones; se tuvieron 96 unidades experimentales (plantas). Siete meses después de la germinación se evaluaron altura (A), diámetro de roseta (D), hojas desplegadas (HD), biomasa fresca de hojas (BFH), biomasa fresca de raíces (BFR), biomasa fresca total (BFT), biomasa seca de hojas (BSH), biomasa seca de raíces (BSR) y biomasa seca total (BST). Se realizó análisis de varianza y prueba de Tukey con $\alpha=0.05$. *A. potatorum* tuvo 25.5 y 25.0% más BFH y BFT que *A. angustifolia*. El suelo de Miltepec generó 309.2 y 198.4% más BSH, 296.6 y 260.9% más BSR, 306.8 y 208.2% más BST que el suelo de Acatlím y Yodoyuxi. Las plantas fertilizadas con 30-20-15 kg de N-P-K ha⁻¹ tuvieron 64.7 y 59.7% más BSH y BST que las plantas no fertilizadas. Las plantas fertilizadas con 60-40-30 kg de N-P-K ha⁻¹ tuvieron 56.9% más BSR que las plantas no fertilizadas. El crecimiento de ambas especies fue afectado por la procedencia del suelo y fertilización N-P-K.

Palabras clave: *Agave angustifolia*, *Agave potatorum*, fósforo, hojas desplegadas, nitrógeno.

Abstract

Effect of fertilization in agaves for mezcal of the Mixteca region no had been assessed, in spite of they are utilized for mezcal production. Influence of Acatlím, Miltepec and Yodoyuxi soils and application of 30-20-15, 60-40-30 y 90-60-45 kg of N-P-K ha⁻¹, on the growth and biomass production by seedlings of *Agave angustifolia* Haw. and *A. potatorum* Zucc. cultivated in greenhouse were assessed. A factorial experiment 2 x 3 x 4 and random experimental design were employed. Twenty four treatments with four replicates were assessed, 96 experimental units (plants) were established. Seven months after germination, height (A), diameter (D) and unfolded leafs (HD), wet leaves biomass (BSH), wet root biomass (BSR), total wet biomass (BFT), dry leaves biomass BSH), dry root biomass and total dry biomass (BST) were quantified. ANAVA and $\alpha=0.05$ Tukey test were carried. *A. potatorum* had 25.5 and 25.0% more BFH and BFT than *A. angustifolia*. Soil of Miltepec generated 309.2 and 198.4% more BSH, 296.6 and 260.9% more BSR, 306.8 and 208.2% more BST than soil of Acatlím and Yodoyuxi. Plants than were fertilized with 30-20-15 kg de N-P-K ha⁻¹ had 64.7 and 59.7% more BSH and BST than plants without fertilization. Plants than were fertilized with 60-40-30 kg de N-P-K ha⁻¹ had 56.9% more BSR than plants without fertilization. . Growth of both species was affected by origin of soil and fertilization with N-P-K.

Key Words: *Agave angustifolia*, *Agave potatorum*, leaves unfolding nitrogen, phosphorus.

Introducción

La calidad del suelo y la fertilización son factores que determinan el crecimiento de las plantas. Los magueyes mezcaleros *A. angustifolia* y *A. potatorum* se distribuyen de manera natural en la cuenca alta del río Mixteco; Acatlím, Miltepec y Yodoyuxi son localidades de esta cuenca, en las que ambas especies forman parte de la vegetación (Blanco *et al.*, 2001). En la Mixteca oaxaqueña, las dos especies son objeto de recolección para la elaboración de mezcal (Sánchez, 2005). Para alentar su cultivo a escala comercial,

se necesita generar tecnología que permita obtener de ella, no sólo mayores rendimientos de materia prima para la elaboración de mezcal sino también otros bienes y servicios, tal como lo obtenían los pueblos indígenas y mestizo, hace miles de años (García-Mendoza, 2007). Los magueyes también tienen un alto potencial para la producción de combustible y fijación de carbono (Colunga-García *et al.*, 2007), por lo que cada vez son más importantes. La cantidad de hojas que despliegan los magueyes a través del tiempo está relacionada con su crecimiento y por lo tanto es una variable a cuantificar cuando se evalúan dosis de fertilización (Nobel *et al.*, 1988). Así, las dosis de nutrimentos que estimularon al despliegue de hojas para *A. lechuguilla* fueron 100 kg de N ha⁻¹ y 500 kg de N ha⁻¹, también incrementaron la asimilación neta de CO₂ en 24 horas, mientras que la aplicación de 500 kg de K ha⁻¹ o 100 kg de B ha⁻¹ redujo la asimilación neta de CO₂ e inhibió el despliegue de hojas (Nobel *et al.*, 1988). En dos años de estudio, la aplicación de 100 kg de N ha⁻¹ aumentó en 51% el peso seco de la parte aérea de la planta, no aumentó el peso seco de la raíz y la aplicación de 500 kg de P ha⁻¹ aumentó en 40 % el peso seco de la parte aérea de la planta pero disminuyó el peso seco de la raíz en 37%. Las mejores dosis de N, P, K y B fueron 100, 500, 100 y 100 kg ha⁻¹, respectivamente (Nobel *et al.*, 1989). Debido a que los suelos de la Mixteca oaxaqueña son reconocidamente pobres en fertilidad (Blanco *et al.*, 2001) y con serias limitaciones para la producción agrícola, debido a la erosión y el clima (Alfaro, 2004), se planteó estudiar, en invernadero, el efecto que tienen el suelo de tres localidades y la fertilización con N-P-K en el crecimiento y producción de biomasa de plántulas de *A. angustifolia* y *A. potatorum*.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en Montecillo, Texcoco, estado de México. Se emplearon plántulas de *A. angustifolia* Haw. y *A. potatorum* Zucc., cuyas semillas se recolectaron en Acatlima, Huajuapán de León, Oaxaca. Los suelos forestales se recolectaron en Acatlima, Santiago Miltepec y San Pedro Yodoyuxi, siendo sus características principales las que muestra el Cuadro 1, determinadas mediante procedimiento descrito en la NOM-021-RECNAT-2000 (DOF, 2001).

Cuadro 1. Características físicas y químicas del suelo de Acatlima, Miltepec y Yodoyuxi.

Sitio	Textura	M O	pH	CE	CIC	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	P aprov
	%arena-limo-arcilla	%		dS m ⁻¹		-----cmol ₍₊₎ kg ⁻¹ -----				mg kg ⁻¹
Acatlima	61-14-25	1.4	7.8	1.5	20	25	2.5	0.40	0.2	trazas
Miltepec	21-41-38	4.3	6.6	1.0	20	25	13	0.25	0.2	3.99
Yodoyuxi	42-25-33	3.9	8.2	0.4	40	25	5.5	0.13	0.4	trazas

MO=Materia orgánica,CE=Conductividad eléctrica, CIC=Capacidad de intercambio catiónico, Ca²⁺=Calcio intercambiable, Mg²⁺=Magnesio intercambiable, Na⁺=Sodio intercambiable, K⁺=Potasio intercambiable, P aprov=Fósforo aprovechable.

Las semillas se sembraron en almácigo con una mezcla de tierra lama y tierra de monte en proporción 1:1. Las plántulas se trasplantaron a suelo cuando generaron su primera hoja laminar. Como macetas se usaron recipientes de plástico de 1.5 L. El suelo se cribó en una malla metálica de 5 x 5 para separar partículas mayores que 4 mm. Antes de colocar la unidad experimental en las macetas se saturó el suelo con agua destilada y se dejó drenar por cuatro días, posteriormente se pesaron las macetas y se determinó el volumen de agua destilada a agregar en cada riego, mismo que se proporcionó cada cuatro días. Se aplicaron tres dosis de N-P-K (kg ha⁻¹): baja, 30-20-15; media, 60-40-30 y alta, 90-60-45, mismas que se compararon con un tratamiento control (0-0-0). Como fuente de nutrientes se empleó urea (45% de N), fosfato di-amónico (21% de N y 24% de P₂O) y sulfato de potasio (44% de K₂O y 18% de S). Los gránulos de fosfato y de sulfato de potasio se trituraron en un mortero de porcelana y luego se mezclaron con agua junto con la urea. Se hizo una sola aplicación una semana después del trasplante. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo de tratamientos factorial completo 2 x 3 x 4, para analizar dos especies de maguey, tres procedencias de suelo y cuatro dosis de fertilización N-P-K, lo cual generó un total de 24 tratamientos, se tuvieron cuatro repeticiones para un total de 96 unidades

experimentales (plantas). El crecimiento en A, D y HD se registró semanalmente. La A y el D se midieron con un vernier (Pretul®). Siete meses después de la germinación se hizo la última medición de A y D, así como el último conteo de HD y se procedió a evaluar BFH, BFR, BFT, BSH, BSR y BST. Las plantas se extrajeron de los recipientes y las raíces se lavaron con agua corriente. Después se separaron raíces y parte aérea, pesándose por separado, para obtener la biomasa fresca. Para obtener biomasa seca, se secaron en una estufa (Riossa, modelo HCFD-82) con circulación de aire forzado a 70 °C hasta peso constante. Para pesar se emplearon balanza granataria (Sartorius tipo 1474) balanza analítica (Ohaus®). Los datos se sometieron a análisis de varianza y prueba de Tukey para separación de medias con $\alpha=0.05$, utilizándose el paquete estadístico SAS, versión 9.1 (SAS Institute, 2003).

Resultados y discusión

Los tratamientos generaron diferencias significativas y altamente significativas en todas las variables de crecimiento de *A. angustifolia* y *A. potatorum*, presentándose en este escrito solamente los efectos principales de tratamientos: especie, procedencia de suelo y dosis de fertilización N-P-K.

Efecto de especie. Las plántulas de *A. potatorum* tuvieron 25.5% más BFH y 25.0% más BFT que las plántulas de *A. angustifolia* (Cuadro 2), lo que indica que *A. potatorum* usó más eficientemente los factores de crecimiento. Esta diferencia está determinada por el factor genético, tal como lo menciona Fageria *et al.* (1997), en el sentido de que este factor determina un crecimiento máximo de la especie cuando ninguno de los otros factores que afectan el crecimiento se encuentra en cantidad limitante. Aún entre la misma especie, las variedades y ecotipos crecen diferencialmente cuando se someten a factores ambientales en su conjunto, tal como lo determinaron López-Upton *et al.* (2004) en el caso de las dos variedades de *Pinus greggii*, o se someten a condiciones específicas como radiación o salinidad, tal como lo mencionan Jaramillo *et al.* (2009) en el caso de dos ecotipos de *Phaseolus vulgaris*. Así, resulta lógico que *A. angustifolia* y *A. potatorum* crecieran de manera diferente cuando estuvieron sujetos al mismo ambiente de crecimiento.

Efecto de la procedencia del suelo. Las plantas cultivadas en suelo de Miltepec tuvieron 74.7, 121.0, 59.2, 352.4, 357.5, 352.8, 309.2, 296.6 y 306.8% más A, D, HD, BFH, BFR, BFT, BSH, BSR y BST que las plantas cultivadas en suelo de Acatlima el cual resultó el peor (Cuadro 2). El mejor crecimiento de las plantas de *A. angustifolia* y *A. potatorum* cultivados en suelo de Miltepec se debió a que éste tuvo mayor contenido de materia orgánica, más Mg^{2+} intercambiable, más fósforo asimilable, y mejor textura que el suelo de Acatlima y de Yodoyuxi (Cuadro 1). Así, de acuerdo con Ibarra *et al.* (2007), el contenido de materia orgánica en Miltepec resultó muy rico (>4%), el de Acatlima resultó rico (3-3.99%) y el de Yodoyuxi resultó pobre (1-1.99%), resultado muy semejante al encontrado por Navarro *et al.* (2006) en el que los cultivos que evaluaron produjeron más biomasa en el suelo de Nonoalco que en el de Ixayoc, Estado de México y en donde la primera localidad tuvo suelo con mejores características físico-químicas. Este resultado es explicable debido a que la materia orgánica aumenta la fertilidad del suelo, mejora su estructura e incrementa la retención de agua (Havlin *et al.*, 2005), también contribuye a la formación de macro y micro agregados, lo que propicia la continuidad de poros, facilitando así la infiltración de agua en todo el perfil (Sustaita *et al.*, 2000). El fósforo está involucrado en múltiples procesos vitales, su función principal es el de almacenar y transferir energía, en tanto que el Mg^{2+} es un constituyente de la molécula de clorofila, es componente estructural de los ribosomas, estabilizándolos para la síntesis de proteínas (Havlin *et al.* (2005).

El efecto de la fertilización con N-P-K. Las plantas de siete meses de edad que se fertilizaron con 60-40-30 de N-P-K tuvieron 41.1 y 19.0% más D y HD que las plantas que no se fertilizaron, aunque las tres dosis de fertilización generaron, estadísticamente, el mismo efecto en las variables de respuesta. En el muestreo destructivo, las plantas que se fertilizaron con 30-20-15 tuvieron 69.5, 82.0, 70.5, 64.7, 56.9 y 59.7% más BFH, BFR, BFT, BSH, BSR y BST que las plantas que no se fertilizaron. En valores absolutos, la dosis de 60-40-30 de NPK generó cantidades más grandes en las variables, sin embargo, estadísticamente estos valores resultaron iguales a los generados por las dosis 30-20-15 y 90-60-45 kg ha⁻¹ de N-P-K (Cuadro 2), por tanto, la mejor dosis de fertilización para plantas jóvenes de maguey fue la de

30-20-15 kg de N-P-K ha⁻¹. Al igual que en la mayoría de las plantas, la fertilización con NPK fue benéfico en el crecimiento y producción de biomasa de *A. angustifolia* y *A. potatorum*, coincidiendo con los resultados encontrados por Nobel *et al.* (1988) en *A. lechuguilla*, aunque con una dosis menor que 100 kg de N ha⁻¹ y con respuesta diferente en cuanto a la proporción de BSH y BSR, la cual, en el caso de *A. lechuguilla* fue de 2% mientras que para *A. angustifolia* y *A. potatorum* fue 18.8%, notándose también que el crecimiento de la raíz mejoró, tal como puede deducirse del Cuadro 2, a diferencia de *A. lechuguilla* en que no hubo aumento en la biomasa de raíces con la mejor dosis de fertilización (Nobel *et al.*, 1988), lo cual puede deberse a que las plantas de *A. lechuguilla* eran adultas, mientras que las plantas de *A. angustifolia* y *A. potatorum* eran jóvenes. La dosis de 30-20-15 kg de N-P-K ha⁻¹ que resultó mejor en *A. angustifolia* y *A. potatorum* resultó inferior a las dosis que se emplea en plantaciones comerciales de *A. tequilana* en la cuenca hidrográfica "El Jihuite", la cual es de 40-40-30 (Flores-López *et al.*, 2009) y menor que la dosis de 50 kg de N ha⁻¹ recomendada para *A. salmiana* en cultivo de temporal (Medina *et al.*, 2003). En plantaciones comerciales de *A. angustifolia*, se aplican 50 g de sulfato de amonio por planta (Chagoya-Méndez, 2004), equivalente a 10.5 g de N planta⁻¹, y a 21 kg de N ha⁻¹ si se considera una densidad de 2000 plantas ha⁻¹. A diferencia de las especies de importancia agrícola, *A. angustifolia* y *A. potatorum*, al igual que las especies que tienen metabolismo ácido de las crasuláceas, poseen menor aidez que las plantas C3 por la fertilización N-P-K, lo que sugiere que son más eficientes en el uso de estos nutrimentos, principalmente del nitrógeno, aunque esto no está totalmente esclarecido (Lüttge, 2004).

Cuadro 2. Promedios (n=48 para especie; n=32, para procedencia de suelo y n=24 para dosis de fertilización), siete meses después de la germinación.

Variable	Especie		Procedencia de suelo			Dosis de fertilización N-P-K			
	<i>A. ang</i>	<i>A. pot</i>	Aca	Mil	Yod	Sin	baja	media	alta
A (cm)	4.7	4.8	3.7b	6.5a	4.1b	4.3	5.1	4.7	4.9
D (cm)	8.9	9.6	6.0c	13.2a	8.6b	7.3b	9.6a	10.3a	9.9a
HD	6.3	6.7	5.3b	8.3a	5.9b	5.8b	6.6ab	6.9a	6.7a
BFH (g)	12.4b	15.6a	5.9b	26.8a	9.3b	9.4b	15.1a	15.9a	15.6a
BFR (g)	1.2	1.4	0.5b	2.4a	0.9b	0.85b	1.26ab	1.55a	1.45a
BFT (g)	13.6b	17.0a	6.5b	29.2a	10.1b	10.2b	16.3a	17.5a	17.1a
BSH (g)	1.3	1.5	0.6b	2.6a	0.9b	1.0b	1.6a	1.5a	1.4ab
BSR (g)	0.27	0.32	0.1b	0.6a	0.2b	0.22b	0.30ab	0.34a	0.32ab
BST (g)	1.5	1.8	0.8b	3.2a	1.0b	1.2b	1.9a	1.8a	1.7a

A. ang=*A. angustifolia*, *A. pot*=*A. potatorum*; Aca=Acatlima, Mil=Miltepec, Yod=Yodoyuxi; sin=0-0-0; baja=30-20-15; media=60-40-30; alta=90-60-45; A=Altura, D=Diámetro, HD=Hojas desplegadas, BFH=Biomasa fresca de hojas BFR=Biomasa fresca de raíces, BFT=Biomasa fresca total, BSH=Biomasa seca de hojas, BSR=Biomasa seca de raíces, BST=Biomasa seca total; Medias con letras iguales en la misma hilera correspondiente a especie, procedencia de suelo y dosis de fertilización no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Conclusiones

En la etapa juvenil, *A. angustifolia* y *A. potatorum* mostraron igual crecimiento en altura, diámetro y hojas desplegadas. En BFH y BFT *A. potatorum* creció más que *A. angustifolia*. El suelo de Miltepec resultó mejor para el crecimiento de *A. angustifolia* y *A. potatorum* que los suelos de Acatlima y Yodoyuxi. La dosis de fertilización que generó mayores valores en las variables de crecimiento y en biomasa fresca y seca fue 30-20-15 kg de N-P-K ha⁻¹.

Literatura citada

- Alfaro, S. G. 2004. Suelos. pp. 55-65. In: García-Mendoza A. J., M. J. Ordóñez, M Briones-Salas (eds) Biodiversidad de Oaxaca. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Foundation. México.
- Blanco A. A., S. Martínez R., O. Sánchez P., A. Rubio S., C. Cisneros C., E. C. Pedro S., R. Morales L., F. Sustaita R. 2001. Aplicación de un modelo de balances hídricos en la cuenca alta del río Mixteco

- (Oaxaca). Determinación del binomio infiltración/escurrimiento con vistas a la reconstrucción de sus ecosistemas forestales. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca. México.
- Chagoya-Méndez V. M. 2004. Diagnóstico de la cadena productiva del sistema producto maguey-mezcal. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación SAGARPA-Delegación Oaxaca, Oaxaca, México.
- Colunga-García M. P., A Larqué S, L. E. Eguiarte, D. Zizumbo-Villarreal. 2007. El futuro de lo ancestral. pp. 395-402. *In:* Colunga-García M. P., A. Larqué S., L. E. Eguiarte, D. Zizumbo-Villarreal (eds). En lo Ancestral hay Futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. Mérida, Yucatán. México.
- DOF. 2001. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación del 7 de diciembre de 2001.
- Fageria N. K., V. C. Baligar, Ch. A. Jones. 1997. Growth and mineral nutrition of field crops. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Flores-López H. E, R. Carrillo-González, N. Francisco-Nicolás, C. Hidalgo-Moreno, J. A. Ruiz-Corral, A. A. Castañeda-Villanueva, R. Velazco-Nuño. 2009. Aportes de nitrógeno y fósforo de tres sistemas agrícolas de la cuenca hidrográfica "El Jihuite", en Jalisco, México. *Agrociencia* 23:659-669.
- García-Mendoza A. J. 2007. Los agaves de México. *Ciencias* 87:14-23. .
- Havlin J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, W. L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Seventh edition. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey, U. S. A.
- Ibarra C. D., J. A. Ruiz C., J. G. Flores G., D. R. González E. 2007. Distribución espacial del contenido de materia orgánica de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco. *Terra* 25:187-194.
- Jaramillo G. C., M. A. Oliva C., R. Ferreira R. 2009. Respuesta fotosintética de diferentes ecotipos de frijol a la radiación y la salinidad. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 10: 129-140.
- López-Upton J., C. Ramírez-Herrera, O. Plascencia-Escalante, J. Jaso-Mata. 2004. Variación en crecimiento de diferentes poblaciones de las dos variedades de *Pinus greggii*. *Agrociencia*: 457-464.
- Lüttge U. 2004. Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). *Annals of Botany* 93:629-652.
- Medina G., A. Rumayor G., B. Cabañas C., M. Luna F., J. A. Ruiz C., C. Gallegos V., J. Madero T., R. Gutiérrez S., S. Rubio D. y A. G. Bravo L. 2003. Potencial productivo de especies agrícolas en el estado de Zacatecas. Libro Técnico No. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Zacatecas. Calera, Zacatecas, México.
- Navarro G. H., M. A. Pérez O., F. Castillo G. 2006. Evaluación de cinco especies vegetales como cultivos de cobertura en valles altos de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30: 151-157.
- Nobel P. S., E. Quero y H. Linares. 1988. Differential growth responses of agaves to nitrogen, phosphorus, potassium and boron applications. *Journal of Plant Nutrition* 11:1683-1700.
- Nobel P. S., E. Quero, H. Linares. 1989. Root versus shoot biomass: responses to water, nitrogen, and phosphorus applications for *Agave lechuguilla*. *BotGaz.* 150:411-416.
- Sánchez L. A. 2005. Oaxaca, Tierra de Maguey y Mezcal. 2a. Edición. Instituto Tecnológico de Oaxaca. Oaxaca. México.
- SAS. 2003. SAS[®] 9.1 SQL Procedure User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Sustaita R. F., V. Ordaz Ch., C. A. Ortiz S., F. de León G. 2000. Cambios en las propiedades físicas de dos suelos de una región semiárida debidos al uso agrícola. *Agrociencia* 34:379-386.

FERTILIDAD DE SUELO, ESTADO NUTRIMENTAL DEL AGUACATE (*PERSEA AMERICANA* MILL.) "HASS" Y CALIDAD DE AGUA, EN OCUITUCO, MORELOS

¹Sotelo-Nava, H; ¹O. G. Villegas-Torres; ¹M. Andrade-Rodríguez; ¹I. Alia-Tejagal

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62209. E-mail: sona.636@hotmail.com

Resumen

Morelos ocupa el segundo lugar nacional en cuanto a superficie cultivada y volumen de producción de aguacate. De los 13 municipios donde se encuentra esta especie, Ocuituco representa el 51% y Cuernavaca el 29%. A pesar de ser una de las principales especies frutícolas en Morelos, se carece de información relacionada con la fertilidad del suelo donde se cultiva, de la calidad de agua disponible para el riego y la condición nutrimental de las plantaciones. El estudio se realizó en el municipio de Ocuituco donde se identificaron tres agrohabitats tomando en cuenta clima, fisiografía, tipo de suelo y altitud. En cada agrohábitat se llevaron a cabo muestreos de suelo para determinar sus características físicas y químicas con base en la norma oficial mexicana NOM-021 SEMARNAT-2000, el estado nutrimental del cultivo de aguacate —Hass se evaluó de acuerdo con la metodología descrita por Maldonado (2002) y la calidad química del agua destinada para el riego agrícola según lo indicado por Richards (1954). Los suelos presentaron diferentes características físicas y químicas, al igual que el estado nutrimental de los árboles de aguacate en los tres agrohabitats. Los árboles presentaron concentración excesiva de Cl, Cu y Zn. Los índices de la Desviación del Óptimo Porcentual manifestaron diferente requerimiento nutrimental. El agua usada para el riego agrícola fue de baja salinidad y de contenido de sodio, por lo que puede usarse sin restricciones.

Palabras clave: fertilidad de suelo, diagnóstico, calidad de agua, nutrimentos.

Abstract

Morelos is the second country in area cultivated and production volume of avocado. Of the 13 municipalities where this species, Ocuituco represents 51% and Cuernavaca 29%. Despite being one of the main fruit species in Morelos, in the absence of information related to soil fertility where it is grown, the quality of water available for irrigation and nutritional status of this important fruit for the state. The study was conducted in the municipality of Ocuituco which identified three agrohabitats taking into account climate, landform, soil type and altitude. In each agrohabitat were carried out soil sampling to determine the physical and chemical characteristics of these financial statements based on the Mexican Official Standard NOM-021-SEMARNAT-2000, the nutritional status of growing avocado "Hass" according to the methodology described by Maldonado (2002) and the chemical quality of water intended for irrigation as indicated by Richards (1954). The soils had different physical and chemical characteristics, as well as the nutritional status of avocado trees in the three agrohabitats. The trees had excessive concentration of Cl, Cu and Zn. Indices of Optimal Percentage Deviation expressed different nutritional requirements. The water used for irrigation was of low salinity and sodium content, so it can be used without restrictions.

Key Words: soil fertility, diagnosis, water quality, nutrients.

Introducción

Morelos ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie cultivada y volumen de producción de aguacate, superado sólo por Michoacán (SAGARPA, 2009). Esta especie frutícola es la más importante en el estado de Morelos; representa una superficie cultivada de 2,497 ha, 1,580 productores y con rendimiento promedio de 9.6 t ha⁻¹ (DDR, 2003), distribuidas en 13 municipios, de los cuales los más importantes son: Ocuituco (51%), Cuernavaca (29%), Tetela del Volcán (28.6%), Tlalnepantla (10.2%) y Yecapixtla (6.6%). La producción de aguacate en el estado se realiza bajo condiciones de temporal y de riego, esta última en una superficie muy reducida, destacando en ambas modalidades escasa tecnificación con una

serie de problemas que afectan la productividad del aguacate, sobresaliendo el aspecto nutrimental. A pesar de ser una de las principales especies frutícolas en Morelos, se carece de información relacionada con la fertilidad del suelo donde se cultiva, de la calidad de agua disponible para el riego y la condición nutrimental de este importante frutal para el estado, por lo cual, lo anterior es el objetivo de estudio de la presente investigación.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en Ocuituco, estado de Morelos, México. Se definieron los agrohábittats presentes en el municipio con base en clima, suelo y fisiografía (Ornelas *et al.*, 1990). En cada agrohábittat se seleccionó una huerta representativa de aguacate —Hašš considerando la edad del cultivo, manejo y presencia de riego, con la finalidad de realizar los estudios de fertilidad de suelo y determinar el estado nutrimental de los árboles. Para la toma de muestra, análisis e interpretación de resultados del suelo se siguieron los lineamientos de la NOM-021 SEMARNAT-2000) y para la muestra foliar, colectada en abril de 2011, se hizo conforme a lo indicado por Maldonado (2002). Se colectaron en bolsas de papel y se introdujeron en una hielera portátil para su conservación, previo a su preparación y análisis. En el laboratorio las muestras se lavaron con agua destilada, se secaron a 70 °C durante 48 horas en estufas con circulación de aire forzado y posteriormente se molieron en molino de acero inoxidable hasta pasar por malla 20 (Etchevers, 1998). En el laboratorio se determinaron los siguientes elementos: Ca, Mg, N y P (Jakson, 1982); Fe, Cu, Mn y Zn en una solución ácida proveniente de una digestión húmeda; S y B por cenización (Jakson, 1982). La interpretación de los análisis foliares del cultivo de aguacate en cada uno de los agrohábittats se realizó tomando en cuenta los rangos de suficiencia reportados por Rowley (1992) y el método Desviación del Óptimo Porcentual (Montañés *et al.*, 1991). Para conocer la calidad de agua utilizada para el riego, se tomó una muestra de la fuente de abastecimiento de la misma en cada uno de los agrohábittats y se determinaron las características siguientes: pH, conductividad eléctrica (CE); concentración de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- y B, como recomienda Richards (1954).

Resultados y Discusión

Agrohábittats. En el municipio de Ocuituco, Mor., se determinaron tres agrohábittats: III-C-1, II-B-1 y II-B-6. El primero presenta clima templado subhúmedo [C(w₂)], topografía accidentada (sierra), suelos andosoles, altitud entre 2000 y 2400 m, precipitación media anual de 1300 mm y temperatura media anual de 16 °C. El segundo, clima semicálido [A(C)], topografía accidentada (lomeríos), suelos andosoles, altitud entre 1400 a 2000 m, precipitación media anual de 1100 mm y temperatura media anual de 21°C. En el último agrohábittat se tiene clima semicálido [A(C)], topografía accidentada (lomeríos), suelos regosoles, altitud entre 1400 a 2000 m, precipitación media anual de 1100 mm y temperatura media anual de 21°C (Ornelas *et al.*, 1990).

Fertilidad de los suelos. Los suelos de los tres agrohábittats presentaron diferentes características físicas y químicas, lo cual era de esperarse debido a las distintas condiciones ambientales, fisiográficas y tipo de suelo. En el Cuadro 1 se presentan los valores de los parámetros cuantificados y la interpretación con base en la norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Los suelos del área de estudio son ácidos en diferente grado, lo cual indica la necesidad de la aplicación de mejoradores para elevar el pH y con ello reducir los problemas de toxicidad por micronutrientes como son Cu, Zn y Mn, puesto que estos elementos se encuentran en concentraciones demasiado elevadas. La conductividad eléctrica varió de 0.06 a 0.17 dS m⁻¹ por lo que no se tienen problemas de salinidad (<1.0 dS m⁻¹ a 25°C). El valor de P fluctuó entre 162.50 a 255 mg kg⁻¹, considerado una concentración muy alta en los tres sitios experimentales. Lo anterior puede explicarse en parte por la aplicación continua del fertilizante 18-46-00 que hacen los productores. El valor encontrado en este estrato es superior a los encontrados por Venegas *et al.* (2000) y Alcalá *et al.* (2001) en andosoles de la Sierra Tarasca y la Meseta Tarasca, estado de Michoacán, con valores de 59.26 a 99.87% y de 51.0 a 99.0%, respectivamente. Con relación a Ca y al Mg, los valores obtenidos fueron para Ca de 1,397.92 a 2184.25 mg kg⁻¹ y para Mg de 609.72 a 801.10 mg kg⁻¹, considerados para Ca como normal u óptimo (1,000 a 2,000 mg kg⁻¹) para los estratos uno y tres, y alto (>2000 mg kg⁻¹) para el estrato dos; para el caso de Mg, la concentración fue alta (>360) en los tres agrohábittats (Cuadro 1).

Cuadro 1. Fertilidad de los suelos en los agrohábitats presentes en Ocuituco, Morelos.

Elemento	Agrohábitat 1	Agrohábitat 2	Agrohábitat 3	Unidad de medida
Materia orgánica	1.21 muy bajo	1.48 muy bajo	1.48 muy bajo	%
pH	4.89 fuertemente ácido	5.28 ácido	4.87 fuertemente ácido	
Conductividad Eléctrica	0.07 baja	0.06 baja	0.17 baja	dS m ⁻¹ a 25 °C
C.I.C	14.98 baja	18.09 normal	12.92 baja	cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹
Profundidad	30	30	30	cm
Densidad aparente	1.33	1.35	1.34	g cm ⁻³
Nitrógeno total	7.00 bajo	5.00 bajo	14.00 bajo	
P	162.50 muy alto	265 muy alto	255 muy alto	
K	54.16 bajo	233.30 normal	362.40 alto	
Ca	1,747.40 normal	2,184.25 alto	1,397.92 normal	
Mg	744.49 alto	801.10 alto	609.72 alto	
S	201.30	230.00	33.00	
B	3.70 alto	2.30 normal	2.30 normal	mg kg ⁻¹
Cu	24.80 muy alto	21.50 muy alto	21.60 muy alto	
Fe	10.10 muy alto	11.00 muy alto	12.50 muy alto	
Mn	24.00 muy alto	28.00 muy alto	32.00 muy alto	
Mo	0	0	0	
Zn	0	0	0	
Cl	0	0	0	

Agrohábitat 1, clima templado subhúmedo [C(w₂)], topografía accidentada (sierra) y suelos andosoles; Agrohábitat 2, clima semicálido [A(C)], topografía accidentada (lomeríos) y suelos andosoles; Agrohábitat 3, clima semicálido [A(C)], topografía accidentada (lomeríos) y suelos regosoles.

Estado nutrimental del aguacate "Hass". El estado nutrimental de los árboles de aguacate fue diferente en los tres agrohábitats. En el Cuadro 2 se indican las concentraciones de cada uno de los nutrientes considerados en el análisis foliar y la interpretación de acuerdo con los rangos de suficiencia indicados por Rowley (1992). En el caso del Cl se desconoce el rango de suficiencia óptimo en aguacate, sin embargo, Lemus *et al.* (2005) mencionan que el intervalo de 2500 a 5000 ppm corresponde a concentraciones excesivas, lo cual indica una probable toxicidad en los árboles de aguacate de los tres agrohábitats. El B es requerido en los cultivos de los agrohábitats 2 y 3; mientras que el Cu y Zn están muy por arriba del rango de suficiencia en los árboles de los tres agrohábitats (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estado nutrimental del cultivo de aguacate "Hass" en cada uno de los agrohábitats presentes en Ocuituco, Morelos.

Elemento	Cultivo en el agrohábitat 1	Cultivo en el agrohábitat 2	Cultivo en el agrohábitat 3	Rango de suficiencia (Rowley, 1992)
N (%)	2.60 normal	2.20 normal	2.46 alto	2.20 a 2.60%
P (%)	0.34 alto.	0.31 alto	0.32 alto	0.08 a 0.25%
K (%)	1.17 óptimo	0.97 óptimo	0.73 bajo	0.75 a 2.0%
Ca (%)	0.87 bajo	1.57 óptimo	1.22 óptimo	1.0 a 3.0%
Mg (%)	0.68 óptimo	0.43 óptimo	0.55 óptimo	0.25 a 0.80%
S (%)	0.66 óptimo	0.33 óptimo	0.33 óptimo	de 0.20 a 0.69%
B (ppm)	133.00 alto	6.00 bajo	26.00 bajo	50 a 100 ppm
Cu (ppm)	800.00 alto	120.00 alto	800.00 alto	5 a 15 ppm
Fe (ppm)	160.00 óptimo	200.00 óptimo	200.00 óptimo	50 a 200 ppm
Mn (ppm)	0	0	0	30 a 500 ppm
Mo (ppm)	0	0	0	0.05 a 1.0 ppm
Zn (ppm)	289.00 alto	973.00 alto	220.00 alto	30 a 150 ppm
Cl (ppm)	2666.00	3,466.00	3,333.00	Desconocido

Agrohábitat 1, clima templado subhúmedo [C(w₂)], topografía accidentada (sierra) y suelos andosoles; Agrohábitat 2, clima semicálido [A(C)], topografía accidentada (lomeríos) y suelos andosoles; Agrohábitat 3, clima semicálido [A(C)], topografía accidentada (lomeríos) y suelos regosoles.

De acuerdo con el índice DOP, los árboles del Agrohabitat 1 presentan el orden de requerimiento de $Ca > K$, mientras que el resto de los nutrientes se encuentran en condición de exceso; el índice de desbalance nutrimental fue de 7841.91. En el Agrohabitat 2, la deficiencia de nutrientes fue mayor que en caso anterior, siendo los requerimientos en el orden siguiente: $B > K > Ca > S > Mg$; el índice de desbalance fue 2427.54. En el Agrohabitat 3, el aguacatero presentó mayor carencia de K, seguida por Ca y por último de S; el índice de desbalance fue 1207.01. Es notorio que los árboles en los tres agrohabitats presenten el índice de Cu y Zn demasiado altos, lo cual es probable que estén provocando toxicidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índice nutrimental por el método Desviación del Óptimo Porcentual en el cultivo de aguacate "Hass" en los agrohabitats presentes en Ocuilco, Morelos.

Elemento	Agrohabitats		
	A1	A2	A3
N	36.12	15.18	28.70
P	112.50	93.75	100.00
K	-14.59	-29.20	-46.71
Ca	-56.50	-21.50	-39.00
Mg	30.76	-17.30	5.77
S	65.00	-17.50	-17.50
B	77.33	-92.00	65.33
Cu	7,200.00	1,100.00	700.00
Fe	28.00	60.00	60.00
Mn	0	0	0
Mo	0	0	0
Zn	221.11	981.11	144.00
Cl			
IDN	7841.91	2427.54	1207.01

IDN, índice de desbalance nutrimental; A1, clima templado subhúmedo [$C(w_2)$], topografía accidentada (sierra) y suelos andosoles; A2, clima semicálido [$A(C)$], topografía accidentada (lomeríos) y suelos andosoles; A3, clima semicálido [$A(C)$], topografía accidentada (lomeríos) y suelos regosoles.

Calidad de agua. Por las características químicas del agua, pertenece a la clase C1S1, es decir, de baja salinidad y de contenido de sodio, apta para el riego pero pueden existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad y con cultivos muy sensibles al sodio, pero se puede utilizar para riego del aguacatero sin restricciones (Richards, 1954).

Cuadro 4. Calidad del agua de riego en los agrohabitats presentes en Ocuilco, Morelos.

Agrohábitat	pH	CE dS m ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	me L ⁻¹				B mg L ⁻¹
							CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	
A1	8.4	0.520	0.73	0.41	0.43	0.15	0	0.789	0.30	0.300	0.005
A2	8.71	0.517	2.18	1.20	1.38	0.299	0	2.836	0.940	0.104	0.004
A3	6.63	0.159	0.436	0	0.286	0.128	0	0.885	0.313	0.313	0.007

A1, clima templado subhúmedo [$C(w_2)$], topografía accidentada (sierra) y suelos andosoles; A2, clima semicálido [$A(C)$], topografía accidentada (lomeríos) y suelos andosoles; A3, clima semicálido [$A(C)$], topografía accidentada (lomeríos) y suelos regosoles.

Conclusiones

Las características de la fertilidad del suelo y el estado nutrimental de aguacate —Hass fueron diferentes en los agrohabitats del municipio de Ocuilco, Morelos, por lo cual hay que considerar esta variación para determinar la dosis de fertilización más adecuada para el cultivo.

El agua disponible para uso agrícola en cada uno de los agrohabitats tiene las características químicas adecuadas para usarse en el aguacatero sin restricciones.

Literatura citada

- Alcalá J., M; C. Ortiz S. y M. Gutiérrez C. 2011. Clasificación de los suelos de la meseta Tarasca, Michoacán. *Terra* 19: 227-239.
- Distrito de Desarrollo Rural (DDR), 2003, Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA)-MORELOS.
- Etchevers B., J. D. 1988, Manual de Métodos de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillos, México. 125 p.
- Jakson, L; M. 1982. Análisis químico de suelos. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Maldonado T., R. 2002. Diagnóstico nutrimental para la producción de aguacate Hass. Informe de investigación. UACH. Texcoco, México. 167p.
- Montañés, L., Heras, L. y M. Sanz. 1991. —Desiación del Óptimo Porcentual (DOP): Nuevo índice para la interpretación del análisis vegetal—. Estación Experimental de Aula Dei. Zaragoza. 20 (3-4); 93-107.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. Que establece las especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de suelos, Estudio, Muestreo y Análisis.
- Ornelas R. F., R. Ambriz C.; J. D. Bustamante. 1990. Delimitación y definición de agrohábittats del estado de Morelos. Folleto técnico no. 8. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de Morelos Campo Experimental Zacatepec, Zacatepec, Morelos, México. 18 p.
- Richards, L. A. 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Limusa. México, D.F.
- Rowley, D. F. 1992. Soil fertillity and the mineral nutrition of avocado, circular No. CAS-92/1. California Avocado Development Organizacion (CADO) and California Avocado Society.
- Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA)-MORELOS. 2009
- Venegas, G.; J. Cajuste L; A. Trinidad S. y F. Gavi R. 2000. Correlación y calibración de soluciones extractantes del fósforo aprovechable en andisoles de la sierra Tarasca. *Terra* 17: 287-291.

ENMIENDAS DE CALCIO PARA MEJORAR FERTILIDAD EN SUELO Y CALIDAD DE FRUTO EN MANZANA

García Muñoz Silvia Amanda¹, Soto Parra Juan Manuel¹, Yáñez Muñoz Rosa María¹, Piña Ramírez Francisco Javier¹, Flores Plascencia J. Baldemar¹, Basurto Sotelo Moisés¹, Federico Montes Dominguez¹, Enrique Salazar Sosa².

¹ Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. e-mail: silviagm@yahoo.com

² Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango.

Resumen

El fruto de manzana requiere buena calidad al momento de cosecha ya que gran porcentaje del mismo es destinado a almacenamiento prolongado, el calcio desempeña un papel fundamental pues afecta la calidad de conservación y vida de anaquel. Se deben considerar nuevos métodos de aportación de calcio ante el recrudecimiento de los problemas asociados con el desbalance de este nutriente, como son mayor intensidad de mancha amarga, pérdida abrupta de firmeza en almacenamiento y el desaliento de las aplicaciones foliares de precosecha. El objetivo fue evaluar las aplicaciones de calcio al suelo con diferentes fuentes para mejorar fertilidad y calidad del fruto. El estudio se desarrolló en árboles 'Golden Delicious'/MM111, la dosis fue de 400 kg Ca ha⁻¹ utilizándose como fuentes CaCO₃, CaCl₂, Ca(OH)₂, CaSO₄, se aplicaron además 210 kg ha⁻¹ de SiO₂ y SiO₂+ Composta (2 t ha⁻¹). Se determinó fertilidad de suelo, en fruto se evaluó color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez, relación azúcar-acidez y jugosidad. La CIC en suelo estuvo por debajo del rango recomendado así como porcentaje de Ca, aunque no hubo efecto por la fuente de calcio, se recomienda continuar el trabajo ya que se tienen indicios de respuesta como el incremento del contenido de materia orgánica,(MO) y disminución del porcentaje de magnesio y sodio (CaSO₄) de la CIC. Las aplicaciones de Ca mejoraron la calidad del fruto, y la vida de anaquel, la mejor fuente fue Ca (OH)₂ con mayor beneficio en calidad; ya que fue superior en firmeza, color y acidez titulable.

Palabras Clave: CaCO₃, CaCl₂, Ca (OH)₂, CaSO₄, SiO₂, fertilidad de suelos, firmeza, acidez titulable.

Abstract

The fruit of apple requires a good quality at harvest and a large percentage of it is destined for long storage, calcium plays a key role by affecting the keeping quality and shelf life. Must consider new methods for production of calcium at the increasing problems associated with this nutrient imbalance, such as greater intensity of bitter pit, abrupt loss of firmness during and discouragement of pre-harvest foliar applications. The objective was to evaluate the application of calcium to the soil with different sources to improve fertility and fruit quality. The study was conducted on trees —Golden Delicious"/MM111, the dose was 400 Ca ha⁻¹ used as sources: CaCO₃, CaCl₃, Ca(OH)₂, CaSO₄, were applied in addition to 210 Ca ha⁻¹ SiO₂ and SiO₂+ Compost (2 t ha⁻¹). Soil fertility was found in the fruit was evaluated color, firmness, total soluble solids, acidity, sugar-acid ratio and juiciness. The CEC in soil was below the recommended range and percentage of Ca, although there was no effect for the source of calcium is recommende to continue the work because there are indications of response such as increased organic matter content (CaCO₃) and low percentage of magnesium and sodium (CaSO₄) in the CEC. Applications of Ca improved fruit quality and shelf life, the best source was Ca(OH)₂, with greater benefit in quality as it was superior in firmness, color and acidity.

Key Words: CaCO₃, CaCl₂, Ca (OH)₂, CaSO₄, SiO₂, soil fertility, acidity.

Introducción

El estado de Chihuahua produjo 383 mil toneladas de manzana 2009 en una superficie de 26 mil 738 ha que significó el 68 % de la producción nacional (SIAP-SAGARPA, 2011). La manzana de la entidad se ha

caracterizado por su calidad, es la que mejor precio alcanza, además de su presencia en el mercado por su sabor, consistencia, frescura y forma (Figueroa, 1996). El fruto requiere una buena calidad al momento de cosecha ya que gran porcentaje del mismo es destinado a almacenamiento prolongado, el calcio desempeña un papel fundamental, pues afecta su calidad, su deficiencia además de estar relacionada con disminución de vida de almacenamiento y anaquel, esta asociado con la presencia de desorden fisiológico mancha amarga que en los últimos años ha aumentado su intensidad. Los principales factores involucrados con la calidad son contenido de azúcar y ácidos orgánicos, principalmente ácido málico; color, firmeza de la pulpa, textura, jugosidad, aroma, valor nutritivo, ausencia de enfermedades y desórdenes fisiológicos; buen sabor y apariencia en general (Yahia e Higuera, 1991). En términos de nutrición, el calcio es el nutriente con el mayor efecto sobre el potencial de almacenamiento y la calidad, porque ayuda a mantener la estabilidad de la membrana y es una parte integral de la pared celular (Ernani, et al 2008). Marschner (1995) describe que bajas concentraciones de calcio en fruto aceleran los procesos de senescencia, y que cualquier aumento de esta concentración de calcio, ayuda a prevenir o a disminuir drásticamente las pérdidas económicas que ocasionan los desórdenes asociados con el almacenamiento. El silicio aunque no se le considera como nutriente, es removido anualmente por los cultivos en cantidades de 200 a 500 kg ha⁻¹, incrementa la productividad y calidad de las cosechas agrícolas, restaura la degradación del suelo e incrementa su nivel de fertilidad para la producción (Quero, 2009). Las aplicaciones foliares de calcio no han dado los resultados esperados tanto en calidad como en disminución de desórdenes nutricionales por lo que es importante considerar nuevos métodos de aportación como el uso de enmiendas de calcio al suelo, que puedan constituirse como un factor clave en el proceso productivo sostenible regional (Sasal, C. 2000). El objetivo fue evaluar las aplicaciones de calcio al suelo con diferentes fuentes para mejorar fertilidad y calidad del fruto.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el municipio de Namiquipa, Chih., en árboles 'Golden Delicious' MM111, éste data desde 2008 y se presentan los resultados del ciclo 2010. El suelo tiene un pH de 6.74 con una textura migajón arcillo-arenoso y migajón arcilloso, con niveles bajos de calcio (de 500 a 1500 ppm) materia orgánica (0.7%). La concentración de calcio aplicada al suelo fue de 400 kg Ca ha⁻¹, los tratamientos fueron la presentación de calcio CaCO₃, CaCl₂, Ca(OH)₂, CaSO₄, así como 210 kg ha⁻¹ de SiO₂ y SiO₂+ Composta (2 t ha⁻¹) en un diseño de bloques completo al azar con 4 repeticiones, con una sola aplicación anual en una superficie de 1250 m² con 150 árboles realizada el 1 de julio en 2010 y la segunda el 25 de septiembre de 2010, esta última anticipada para el ciclo 2011 debido al cierre del proyecto. Se evaluó fertilidad en suelo (M.O., NO₃, P, CIC), calidad de fruto (color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, relación azúcar acidez y jugosidad). La cosecha se llevó a cabo 142 días después de completa floración, el fruto se dejó a temperatura ambiente y analizó siete días después de cosecha.

Cuadro 1. Fuentes y concentraciones de calcio¹.

Enmienda / Concentración Ca %					
CaCO ₃	Ca(OH) ₂	CaSO ₄	CaCl ₂	SiO ₂	SiO ₂ + (Composta)
36.0	60.8	24.2	33.4	Si 15.2, Ca 8.2	Si 15.2, Ca 8.2 (Ca, 1.3%)

¹El CaCO₃ contiene además 7.44% de SiO₂, el CaSO₄ contiene además 0.45% de SiO₃. El SiO₂ contiene además 4.12% P, 1.06% Mg y 3% de K, así como Zn y Fe. La composta contiene además Nt, P, K, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn. Relación C:N 24:1.

Resultados y Discusión

El calcio es la base principal intercambiable (CIC) de minerales de la arcilla y como tal, es un componente importante de los suelos (Pilbeam y Morley, 2007). El incorporar una gran cantidad de fertilizantes cálcicos con el tiempo producen un fuerte efecto sobre el contenido de nutrientes en la solución del suelo y también en las proporciones entre nutrientes (Loide, 2004). En el Cuadro 2, se indica la fertilidad del suelo, el mayor contenido de nitratos se obtuvo con CaSO₄ -sin diferencias estadísticas, el cual se encontró por debajo del rango de suficiencia de 40 a 60 ppm. Las variaciones en el contenido de M.O.

significan cambios en la fertilidad del suelo (Eiza *et al.*, 2006). La M.O. presentó respuesta significativa, CaCO_3 obtuvo el mayor contenido con 1.2% el cual se encuentra en un rango medio de suficiencia que va de 1.2 a 1.6, esto puede ser debido a la presencia del carbono en el suelo que interactúa con los microorganismos del mismo, sin embargo SiO_2 +Composta se encontró muy por debajo del rango de suficiencia ya que la composta no se incorporó al suelo por el esquema de plantación de la huerta y al quedarse en la superficie con las lluvias y riego se tuvo un arrastre de la misma, que pudo ocasionar que no funcionara como se esperaba. Muchos cultivos responden a aplicaciones de Ca con un porcentaje de saturación y capacidad de intercambio catiónico (CIC) < 25% (Retamales, 2008). De acuerdo a especialistas los suelos que predominan en Cuauhtémoc y Namiquipa, Chih, la CIC óptima debería estar entre 20% y 22%. La CIC (Cuadro 2) no muestra diferencia significativa entre las diversas fuentes de calcio y el control, sin embargo se puede observar que los rangos están entre 9.2% y 11.8%, muy por debajo de lo sugerido. No obstante, se puede observar que tanto NO_3 , como CIC y porcentaje de Ca, con CaSO_4 obtuvieron de los rangos más altos, esto puede ser debido a que se vio favorecido la asimilación de calcio con el incremento de los nitratos y la CIC. De igual forma con la CIC por debajo de lo óptimo es probable que los porcentajes tanto de Ca como de Mg y K sean bajos. Según Brady (2008) para las zonas semiáridas la CIC debe estar alrededor de $26 \text{ cmol}_{(+) } \text{ kg}^{-1}$ de suelo, para lo cual sugiere que el calcio debe tener un intercambio catiónico del 65%, Mg de 23%, K de 8% y Na de 4%. El Cuadro 2 muestra que no aún cuando no existen diferencias significativas en porcentaje de Ca, CaSO_4 estuvo en un rango de 54%, con una CIC de 11.8, por lo que es prometedor como fuente de Ca. Existe competencia entre calcio, magnesio y sodio por los sitios activos de absorción de las raíces en el suelo. Se ha indicado que las relaciones ideales entre estos elementos son: $\text{Ca/Mg} = 6.5:1$ y $\text{Ca/K} = 13:1$; sin embargo, esto no siempre se cumple en la práctica (Retamales, 2008). Se observa en el Cuadro 2 disminución significativa en los porcentajes de magnesio (27) y sodio (6%) debido a CaSO_4 .

Cuadro 2. Fertilidad de suelo bajo distintas enmiendas de calcio y materia orgánica.

Fuente	NO_3 ppm	P ppm	M.O. %	CIC $\text{cmol}_{(+) } \text{ kg}^{-1}$ de suelo	Porcentaje con respecto a CIC			
					Ca	Mg	K	Na
Fuente	0.9279	0.4370	0.0217	0.7921	0.5413	0.4616	0.8583	0.0670
Control	27.8 a	26.4 a	0.8 bc	10.2 a	41 a	35 a	14 a	0.9 a
CaCl_2	27.5 a	26.9 a	1.1 ab	10.2 a	43 a	33 ab	15 a	0.8 ab
CaCO_3	29.7 a	20.7 a	1.2 a	11.7 a	48 a	32 ab	15 a	0.6 b
Ca(OH)_2	29.0 a	19.1 a	0.7 c	10.7 a	44 a	31 ab	15 a	0.9 a
CaSO_4	31.1 a	19.5 a	0.8 c	11.8 a	54 a	27 b	13 a	0.6 b
SiO_2 +Comp	25.8 a	23.8 a	0.8 c	10.7 a	44 a	33 ab	14 a	0.8 ab
SiO_2	30.3 a	23.4 a	0.6 c	9.2 a	38 a	38 a	15 a	0.9 a
W	10.4	10.6	0.3	10.4	0.18	0.10	0.041	0.03
Media	28.8	23.4	0.86	28.8	45	33	0.14	0.8
CV	20.3	25.3	22.4	20.3	20.9	17.9	16.0	21.5

¹Cuadrados medios $\text{Pr} \geq 0.05$ no significativo, $\text{Pr} < 0.05$ significativo, $\text{Pr} < 0.01$ altamente significativo; medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05), W diferencia mínima significativa; CV coeficiente de variación.

El control y SiO_2 tuvieron el mayor porcentaje de Mg, 0.35% y 0.38% respectivamente, debido a que el control no cuentan con una fuente de Ca adicional más que la presente en el suelo de manera natural, SiO_2 contiene un porcentaje de Mg en su formulación, además de que puede disminuir la CIC y el porcentaje de calcio en la misma según se observa en el Cuadro 2. Aun y cuando las fuentes de calcio no mostraron diferencia significativa en la CIC y en el porcentaje de Ca en suelo, estos si se ven reflejados con diferencias significativas en la calidad del fruto. El consumidor relaciona la presencia de color con el desarrollo de atributos deseables (conversión de almidones en azúcares, reducción de la acidez, etc.) como dulzura y suavidad (Cerdas, 2002). En color (Cuadro 3) se presenta una diferencia significativa para CaCl_2 , SiO_2 + Composta y Ca(OH)_2 . Se considera que el color del fruto después del período de plena

floración, es cuando ha experimentado cambios que van desde verde a ligeramente verde o amarillo (en este caso de verde a transición a amarillo), y por ende la mejor calidad y potencial de almacenamiento (Bartram, 1975). Al mantener la firmeza de los frutos de manzana se disminuye la incidencia de desórdenes fisiológicos, tales como corazón acuoso, mancha amarga y la descomposición interna. El deterioro de postcosecha también se puede reducir aumentando el contenido de calcio de las manzanas, el principal problema es obtener suficiente calcio en la fruta para obtener los efectos deseados (Conway, et al 2002). Durante la conservación, los frutos pierden firmeza, color verde, acidez y sabor, y aumenta la harinosidad (Calvo, 2005). Para la firmeza de la pulpa la mejor fuente de calcio fue $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con 13.5 lb in², mientras que con la aplicación únicamente de SiO_2 disminuyó a 12.1 lb in², el control mantuvo una firmeza de 12.4 lb in². En el Cuadro 3 se observa que para sólidos solubles, con CaCO_3 y $\text{SiO}_2 + \text{Composta}$, se produjo una rápida maduración provocando que aumente la cantidad de azúcares en el fruto, lo cual da por resultado una menor vida de anaquel, la mejor fuente de Ca fueron $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y CaSO_4 con una cantidad de azúcares optima. La mayoría de los frutos son ricos en ácidos orgánicos, estos empiezan a disminuir cuando inicia la maduración principalmente en aquellos frutos que contienen ácido málico como la manzana, por lo que es una prueba para medir cambios en la maduración de la fruta (Hammet, 1980). Los mejores resultados en acidez titulable y relación azúcar-acidez titulable fueron para $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con una relación azúcar/acidez del 21 y una acidez del 0.61%, seguido de $\text{SiO}_2 + \text{Composta}$ y CaSO_4 .

Cuadro 3. Calidad de fruto en postcosecha bajo enmiendas de calcio.

Fuente	Color %	Firmeza Lb in ²	SST °Brix	AT % Ac. Málico	AZCAT	Jugosidad %
Fuente	0.0924	0.0478	0.1585 ^s	0.0082	0.0547	0.8767
Control	50.4 b	12.4 b	12.7 ab	0.49 bc	25.6 a	61.0 a
CaCl_2	58.6 a	12.2 b	13.0 ab	0.46 c	28.3 a	59.6 a
CaCO_3	56.2 ab	12.3 b	13.3 a	0.25 bc	25.7 a	67.3 a
CaOH_2	58.2 a	13.5 a	12.6 ab	0.61 a	21.0 b	61.6 a
CaSO_4	55.4 ab	12.8 ab	12.5 ab	0.51 bc	24.6 ab	60.8 a
$\text{SiO}_2 + \text{Comp}$	56.9 a	13.0 ab	13.4 a	0.55 ab	24.6 b	64.6 a
SiO_2	52.9 ab	12.1 b	11.7 b	0.46 c	25.4 a	64.6 a
DMS	5.1	3.2	0.6	0.0362	2.7	9.6
Media	55.5	12.6	12.8	0.5	25	62.3
CV	7.11	4.6	6.7	10.1	10.8	13.8

^sCuadrados medios $\text{Pr} \geq 0.05$ no significativo, $\text{Pr} < 0.05$ significativo, $\text{Pr} < 0.01$ altamente significativo; medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey α 0.05); W diferencia mínima significativa; CV, coeficiente de variación.

Si se desea tener una buena calidad de fruto la fuente mas adecuada para este fin es $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y CaCl_2 , lo que coincide con Antillón (2006), con aplicaciones de diferentes fuentes de calcio aportan al árbol una mejor nutrición, contrario a lo que se cree que las aportaciones al suelo no son efectivas en mejorar calidad del fruto, sin embargo dado el efecto a largo plazo de las enmiendas, se deberá considerar además de incluir características fisico-químicas del suelo, el contenido nutricional foliar y de fruto.

Conclusiones

La CIC en suelo estuvo por debajo del rango recomendado así como porcentaje de Ca, aunque no hubo efecto por la fuente de calcio, se recomienda continuar el trabajo ya que se tienen indicios de respuesta como fueron el incremento del contenido de materia orgánica (CaCO_3) y disminución del porcentaje de magnesio y sodio (CaSO_4) de la CIC.

La mejor fuente de Ca fue $\text{Ca}(\text{OH})_2$, con mayor beneficio en calidad de fruto ya que fue superior en firmeza, color y acidez titulable.

Se propone también evaluar las implicaciones que tienen las enmiendas de calcio sobre el contenido nutricional foliar, de flores y fruto.

Literatura Citada

- Antillón L. Ruben. 2006. Calidad y vida de anaquel de frutos de manzano 'Golden Delicious' en respuesta a la aplicación edáfica de distintas fuentes de calcio. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias. Facultad de ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua, 75p.
- Bartram D.R. 1975. 'Golden Delicious' apples for high quality and maximum storage life. Cooperative Extension Service, College of Agriculture, Washington State University. Pullman., E. M. 3496. 10p.
- Brady N.C and Weil R.R. 2008. The nature and properties of soils. Fourteenth edition. Pearson. P. 344
- Calvo, G. 2005. Control de fisiopatías de postcosecha en manzanas "Granny Smith" mediante la aplicación de 1-metilciclopropeno (1-MCP). *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 34, 45 - 58.
- Cerdas A. M. 2002. Calidad en los Productos Hortofrutícolas. Guía Técnica Poscosecha. Consejo Nacional de Producción. San José, Costa Rica. <http://postharvest.tfrec.wsu.edu>. Recuperado 22/01/05.
- Conway, W.S., Sams, C.E. and K.D. Hickey- 2002. Pre- and post harvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. *Acta Hort.* 594: 413-419.
- Eiza, M.J; Studdert, G.A and Franco D.G. 2006. Dinámica de la Materia Orgánica del Suelo Bajo Rotaciones Mixtas: I. Materia Orgánica Total. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Ernani E.R., Dias J., Talamini A.C.V., Cardoso R.D. and D.A. Rogeri- 2008. Preharvest calcium sprays were not always needed to improve fruit quality of 'Gala' Apple in Brazil. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal- SP, v 30, n.4, P. 892-896.
- Figueroa MJM. 1996. Calidad y precio de la manzana de Chihuahua Memorias del II simposium internacional sobre manzana.
- Hammet R. H. 1980. Evaluation of fresh market and storage quality of North Carolina apples. North Carolina Agricultural Research Service in Cooperation with the United States Department of Agriculture. Tech. Bu. 262:25.
- Loide V. 2004. About the effect of the contents and ratios of soil's available calcium, potassium and magnesium in liming of acid soils. *Agronomy research* 2(1), 71-82.
- Quero G.E. 2009. Folleto Técnico. Un Michoacán Sano: Fase Uno. Nueva Tecnología para Optimizar la Producción Agrícola Tecnificada y Tradicional y Mejorar la Calidad Agrícola de los Suelos.
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants Second Edition Academic Press Edition London.
- Pilbeam D.J and P.S Morley (Ed). 2007. Calcium. Handbook of plant nutrition . Barker A.V and Pilbeam D.J. Editor in Chief. Taylor and Francis Group. Chapter 5.
- Sasal, C., Andriulo, A., Ulle, J., Abrego, F.; Bueno, M. 2000. Efecto de diferentes enmiendas sobre algunas propiedades edáficas en sistemas de producción hortícola del centro norte de la región pampaeana húmeda. *Ciencia del Suelo (Argentina)* 18: 95-104.
- SIAP-SAGARPA. 2011. Producción agrícola y perenne, riego + temporal, nacional y estado de Chihuahua 2000-2009. Recuperado 07/11/2011.
- Retamales J.B. 2008. Manejo de la nutrición en frutales. La nutrición en frutales templados. Ramírez R.H., Benavides M.A. Hernández V.R.E. Editores. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. P. 103-104
- Yahia E, Higuera I. 1991. Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas en México. Editorial Limusa, México. p31-51.

Agradecimiento a Fundación Produce Chihuahua A.C., por apoyo proyecto Folio 08-2007-0033.

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO DE RAÍZ DE CHILE HABANERO CON LA ADICIÓN DE ÁCIDOS FÚLVICOS DE LEONARDITA

López Cervantes, Rubén¹; Peña Cervantes, Edmundo¹; Zúñiga Estrada María del Rosario²; Correa González Benito Gustavo³

¹Departamento de Ciencias del Suelo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. ruloce435@hotmail.com ²Campo Experimental Saltillo. INIFAP-Coahuila. ³Estudiante de Maestría en Ingeniería en Sistemas de Producción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Resumen

Las propiedades físicas y químicas del suelo, son determinantes en la absorción de nutrimentos por las plantas; sin embargo, es poca la investigación consagrada a establecer el papel de la Capacidad de Intercambio Cationico de la Raíz (CICR), en la absorción de nutrimentos. Así, con el objetivo de determinar la CICR de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita, fue producida plántula de chile habanero de la variedad "Jaguar" en macetas de plástico, con 250 g con la mezcla del sustrato de peat moss con "perlita". Cuando la plántula contenía las hojas cotiledonales y al inicio del primer par de hojas verdaderas, se les adicionaron 2, 4 y 6 ml.litro⁻¹ de agua de un ácido fúlvico de Leonardita, denominado experimental (AFE) y una solución nutritiva, fertilización química (FQ) y solo agua como testigo absoluto (TA). Se midieron el peso fresco y seco de raíz y vástago (PFR, PSR, PFV y PSV), además, cantidad de hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn) de tejido vegetal de follaje y la capacidad de intercambio cationico de raíz (CICR). Se encontró que no hay efecto significativo de los tratamientos en el PFR, PSR, PFV, PSV y Fe, pero, en el contenido de Zn, Cu y CICR, si. La conclusión es que los ácidos fúlvicos de Leonardita, ejercieron efecto positivo en la CICR y los contenidos de Zn y Cu; mientras que en las variables de calidad de la plántula (PFR, PSR, PFV y PSV), no lo realizaron.

Palabras clave: *Substancias húmicas, Plántula.*

Abstract

The physical and chemical properties of soil, are crucial to the absorption of nutrients by plants, but little research devoted to establishing the role of the Root Cation Exchange Capacity (RCEC), in nutrients absorption. So, in order to determine the RCEC habanero chili, with the addition of fulvic acids of Leonardite; seedling of habanero chili variety "Jaguar", was produced in plastic pots with 250 g with a mixture of peat moss with "perlite" used as substrate. When the seedling containing the cotyledon leaves and the start of the first pair of true leaves, it were added 2, 4 and 6 ml.litro⁻¹ water fulvic acid of Leonardite, called experimental (AFE) and a nutrient solution, chemistry fertilization (CF) and only water as control (C). Were measured fresh and dry weight of root and stem (FWR, DWR, and FWS, DWS), also amount of iron (Fe), copper (Cu) and zinc (Zn) of tissue leaves and RCEC. There are not significant effect of treatments in the FWR, DWR, FWS, DWS and Fe, but in Zn, Cu and RCEC quantities, yes. We conclude that fulvic acids of Leonardite, exerted positive impact on the RCEC and the Zn and Cu quantities; while in the quality variables of plant don't made effect.

Keywords: *humic substances, Seedling.*

Introducción

Los investigadores en Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal, establecen que las propiedades físicas y químicas del suelo son determinantes en la absorción de nutrimentos por las plantas y han centralizado la investigación en la generación de fitosideróforos (ácidos orgánicos) y su papel en la rizosfera para la absorción de nutrimentos. Pero, no consideran la capacidad de intercambio cationico de la raíz (CICR), la que es determinante en la cantidad de nutrimentos absorbidos por este órgano.

Un experimento en arena, se llevó a cabo en condiciones de invernadero, para estudiar el efecto del ácido giberélico (GA3), del ácido indol-acético (IAA) y el ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D), en la CICR de dos clones de té genéticamente diferentes. Los resultados mostraron que la aplicación de GA3 y el IAA, aumentó progresivamente la CICR en ambos clones, cuando su concentración fue de 0 a 100 mg.g⁻¹. Con

la adición del 2-4, D en su concentración más baja (<25 mg.g⁻¹) produce el mismo efecto; mientras que a altas concentraciones (100 mg.g⁻¹), produjo disminución en la CICR. La CICR, correlacionó negativamente con raíz de color café y su relación con raíz blanca y positivamente con el crecimiento superior de las plantas de té (Cesco *et al.* 2002).

El papel de la CICR, es uno de los factores inherentes de la planta que afecta el medioambiente de la planta y sus interrelaciones. Los patrones de correlación entre la CICR y los elementos nutrimentales en la raíz y el vástago, son distintos. Trabajos de investigación de este tipo, pueden revelar relaciones exactas entre las características de la raíz y la acumulación de minerales en las plantas, las que pudieran tener aplicaciones en cultivos agrícolas (Ray y George, 2010).

En los últimos 20 años, en México, con el auge de la agricultura sostenible y/o sustentable, el uso de sustancias húmicas va en aumento. Schnitzer (2000), las define como macromoléculas orgánicas, heterogéneas, de alto peso molecular, más estables que el material de origen y las divide en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR). Una de sus características fundamentales, es que pueden complejar y/o quelatar cationes, gracias a su alto contenido de grupos funcionales oxigenados (-OH, -COO, -COOH); además, presentan alta capacidad de intercambiar cationes (Stevenson, 1984). Por ello, en el suelo ayudan a colocar disponibles a los nutrimentos para la planta.

En los últimos 50 años, a nivel mundial, la gran mayoría de trabajos de investigación sobre el rol que juega la raíz en la absorción de nutrimentos, han sido consagrados a estudiar el papel de fitosideróforos (ácidos orgánicos de bajo peso molecular), en el proceso; pero no, en el papel que juegan las sustancias húmicas en este mecanismo.

Por lo anterior, se hace necesaria la investigación básica, del papel que tiene la CICR en la fisiología y crecimiento de plantas y qué papel juegan las sustancias húmicas en este proceso. Por lo que el objetivo fundamental del presente trabajo, fue determinar la capacidad de intercambio catiónico de la raíz de plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Materiales y Métodos.

El experimento se desarrolló en un invernadero del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo, del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila México, a los 25° 23' de latitud norte y 101° 00' de longitud Oeste y a la altura de 1742 msnm. Semillas de la variedad "Jaguar" de chile habanero, fueron sembradas en macetas de plástico con 250 g de la mezcla de peat moss con "perlita" (relación 1:1 v/v), empleada como sustrato. Antes de la siembra, se les realizó un tratamiento hidrotérmico a la semilla, el que consistió en colocarlas en "Baño María" a 50° C durante 20 minutos, con el fin de evitar lo más posible el ataque de hongos y bacterias patógenos, posteriormente. Cuando la plántula contenía las hojas cotiledonales y al inicio del primer par de hojas verdaderas, se le aplicaron los tratamientos de 2, 4 y 6 ml.litro⁻¹ de agua de ácidos fúlvicos de Leonardita. Además, se agregó fertilización química (FQ) y solo agua, como testigo absoluto (TA). Las variables medidas fueron: peso fresco (PFR) y seco (PSR) de raíz; peso fresco (PFV) y seco (PSV) del vástago. También el contenido de zinc (Zn), hierro (Fe) y cobre (Cu) (Espectrofotómetro de Absorción Atómica – Varian, modelo 370) y la capacidad de intercambio catiónico de raíz (CICR) (Crooke, 1964).

Lo anterior resultó en cinco tratamientos con cuatro repeticiones, los que fueron distribuidos de acuerdo a un Diseño Experimental de Bloque al Azar, con arreglo factorial. El análisis estadístico consistió en el Análisis de Varianza (ANVA) y la prueba de medias de Tukey (P< 0.05), para lo cual se empleó el paquete para computador MINITAB versión 15 para WINDOWS.

Resultados y Discusión

En las variables agronómicas medidas, no hay efecto estadístico significativo; sin embargo, de forma general se puede establecer que en el peso fresco (PFR) y seco (PSR) de la raíz, con la adición de 6 ml.litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos, se adelantó al testigo absoluto (TA) en 71 y 75 por ciento, respectivamente. Cuando se aplicó la fertilización química (FQ), se superó al TA en 24 y 38 por ciento, respectivamente en el peso fresco (PFV) y seco (PSV) del vástago. Al agregar solo agua (TA), se aventajó en 42 por ciento a donde se agregó la FQ y en 39 por ciento, al aplicar los ácidos fúlvicos a la cantidad de

2 ml.litro⁻¹ de agua, en el contenido de zinc (Zn) del tejido vegetal de follaje; mientras que, con el mismo tratamiento (TA), fue 77 por ciento mayor que al aplicar la FQ y 92 por ciento, que al adicionar 2 ml.litro⁻¹ de los ácidos fúlvicos. Al adicionar 2 ml.litro⁻¹ de los ácidos fúlvicos y la FQ, se adelantó al TA en 60 por ciento, en el contenido de cobre (Cu) del tejido vegetal de follaje, de la plántula del chile habanero. La CICR superior, se presentó al adicionar solo agua ya que sobrepasó en 77 por ciento a la raíz donde se aplicó la fertilización química y en 91 por ciento a donde se agregaron 2 ml.litro⁻¹ de agua de los ácidos fúlvicos (Tabla 1).

Tabla 1. Valores medios de las variables medidas a plántula de chile habanero, con la adición de ácidos fúlvicos de Leonardita.

Tratamientos	PFR	PSR	PFV	PSV	Zn	Fe	Cu	CICR
AF2	6.720 ^a	0.50325 ^a	9.983 ^a	1.3758 ^a	97.5	90.0 ^a	22.5 ^a	97.5
AF4	4.945 ^a	0.38605 ^a	7.550 ^a	0.9876 ^a	80.0	75.0 ^a	17.5	79.3
AF6	7.180 ^a	0.53355 ^a	8.657 ^a	1.2577 ^a	77.5	70.0 ^a	20.0	92.5
FQ	6.515 ^a	0.49347 ^a	10.000 ^a	1.3973 ^a	105.0	75.0 ^a	22.5 ^a	82.5
TA	4.207 ^a	0.30462 ^a	8.045 ^a	1.0087 ^a	248.0 ^a	96.8 ^a	14.0	107.2 ^a

PFR: Peso fresco de raíz; PSR: Peso seco de raíz; PFV: Peso fresco de vástago; PSV; Peso seco de vástago; Zn: Contenido de Zinc; Fe: Contenido de hierro; Cu: Contenido de Cobre; CICR: Capacidad de intercambio catiónico de raíz.

A forma de discusión, se puede establecer que la dosis mayor de los ácidos fúlvicos, realizaron el efecto superior en el peso fresco y seco de la raíz; lo anterior concuerda con lo establecido por Kuiters y Mulder (1993) y Evangelou *et al.* (2004), donde comentan que estos compuestos, dentro de sus características, poseen una gran cantidad de grupos funcionales oxigenados, principalmente grupos carboxilos (-COOH), carbonilos (-COO⁻) y oxhidrilos (-OH⁻), por lo que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar cationes y en la solución del suelo, llevarlos a la pared celular de la raíz; es decir, similar a agentes quelatantes y/o complejantes y de ahí, ser transportados los nutrimentos por el torrente xilemático del tallo hacia la hoja. Con la dosis más baja de los compuestos húmicos, se presentó el mayor valor del contenido de Cu en el tejido vegetal de follaje.

La fertilización química, realizó efecto en el PFV y el PSV, lo que pone de manifiesto el papel que juegan los nutrimentos en la parte aérea de la planta, especialmente cuando la concentración de un elemento, tiene especial significancia en la producción (Montañas *et al.* 1995). Donde no se aplicaron las sustancias húmicas, ni la fertilización química, se presentó el superior valor de la CICR y los mayores valores del contenido de Zn y Fe; aquí, se puede decir que la raíz de la plántula del chile habanero, generó fitosideróforos lo que aumentó la CICR; además, acidificó el pH de la rizosfera y por lo tanto aumentó la absorción de los nutrimentos metálicos mencionados (Marschner, 1995).

Conclusión

Los ácidos fúlvicos de Leonardita, ejercieron efecto positivo en el PFR, PSR y la absorción de Cu; mientras que al agregar solo agua, aumentó la CICR y por lo tanto la absorción de Zn y Fe, de la plántula de chile habanero.

Literatura Citada

- Cesco, S.; Nikolic, M.; Römheld, V.; Varanini, Z. and Pinton, R. Uptake of Fe from soluble Fe-humate complexes by cucumber and barley plants. *Plant and Soil*. 2002.
- Evangelou, M. W. H. Hactice, D. Andreas, S. 2004. The Influence of Humic Acids on the Phytoextraction of Cadmium from Soil. *Chemosphere*. 57 207—213
- Kuiters, A. T. and W. Mulder. 1993. Water-soluble organic matter in forest soils. II. Interference with plant cation uptake. *Plant and Soil*, 152: 225-235.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants, Second edition. Academic Press Limited. London, U.K.
- Montañas L., E. Monge, J.Val and M. Sanz. 1995. Interpretative Possibilities of Plant. Analysis by the DOP Index. *Acta Horticulturae* 383:165-169.
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.). *Advances in Agronomy*, Academic Press. 98: 3-58.

RENDIMIENTO DE RAÍCES TUBEROSAS DE *Dahlia variabilis* Wild (Desf.) EN FUNCIÓN DEL FÓSFORO Y LA DENSIDAD DE PLANTACIÓN.

Morales-Rosales Edgar Jesús¹, Arenas-Julio Yasmani², Laguna-Cerda Antonio², Franco-Mora Omar², Estrada-Campuzano Gaspar², Martínez-Rueda Carlos Gustavo²
Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Fitomejoramiento, Universidad Autónoma del Estado de México¹. E-mail: ejmoralesr@uaemex.mx

Resumen

La *Dahlia variabilis* es considerada en nuestro país como la flor nacional y su explotación es con fines ornamentales. Estudios recientes han mostrado que las raíces tuberosas de esta especie contienen alrededor de 38 a 53% de su peso seco de un polisacárido de fructosa llamado inulina. El consumo de este compuesto no eleva los niveles de glucosa en la sangre del ser humano, lo que lo convierte en un producto atractivo para la agroindustria. Este hecho ha permitido diversificar la producción de *Dahlia variabilis* y orientar la investigación hacia la producción de sus raíces. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización fosfatada y densidad de plantación sobre la producción de materia seca de las raíces de *Dahlia variabilis*. En primavera-verano 2009 fue establecido el experimento en Zinacantepec, México donde se evaluaron cuatro niveles de fósforo (0, 60, 100 y 120 kg P₂O₅⁻¹) y cuatro densidades de plantación (2.5, 3.12, 4.16 y 6.25 plantas m⁻²) con arreglo factorial en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados mostraron diferencias significativas en los factores fósforo y densidad de plantación. La interacción de ambos factores reveló que con 120 kg ha⁻¹ de fósforo y 6.25 plantas m⁻² se alcanzó la mayor cantidad de materia seca en la raíz (345 g m⁻²).

Palabras clave: Fertilización fosfatada, Densidad de plantación, inulina.

Abstract

The *Dahlia variabilis* Wild (Desf.) is considered the Mexican national flower and their exploitation is mainly for ornamental purposes. Recent studies have shown that the dry weight of the tuberous roots of this species contain about 38 to 53% of a polysaccharide of fructose called inulin. The consumption of this compound does not elevate the levels of glucose in the blood of human, beings, making this polysaccharide an attractive product for the food industry. This fact has helped to diversify the production of *Dahlia variabilis* and research towards the production of their roots. The aim of this study was to evaluate the effect of phosphorus fertilization and planting density on dry matter production of roots of *Dahlia variabilis*. In spring-summer 2009 the trial was established in Zinacantepec, Mexico, were evaluated four phosphorus levels (0, 60, 100 and 120 kg P₂O₅⁻¹) and four planting densities (2.5, 3.12, 4.16 and 6.25 plants m⁻²) under factorial arrangement in a randomized complete block design with four replications. The results showed significant differences in the factors phosphorus and planting density. The interaction of both factors revealed that with 120 kg ha⁻¹ of phosphorus and 6.25 plants m⁻² was reached the biggest production root dry matter (345 g m⁻²).

Key Words: Phosphate fertilization, Plant density, inulin.

Introducción

En México, la *Dahlia variabilis* se produce con fines ornamentales para abastecer el mercado nacional e internacional. Esta especie originaria del altiplano mexicano nos ofrece una alternativa diferente para su explotación, ya que su sistema radical almacena una cantidad significativa de inulina (polisacárido de fructosa). Este compuesto se encuentra en la categoría de alimentos no digeribles, por lo que no son asimilados, no proporcionan calorías, y por lo tanto, no incrementan el peso corporal, ni elevan los niveles de glucosa sanguínea en el ser humano (Laguna y Archundia, 2004). Las raíces tuberosas de *Dahlia variabilis* contienen entre 38 y 53% de inulina del total de su peso seco, constituyendo una alternativa para la producción de este polisacárido. Sin embargo, no se cuenta con información orientada hacia aspectos agronómicos en la producción de raíces tuberosas de esta especie (Laguna y Archundia, 2004).

El manejo agronómico incluye estudios de fertilización y densidades de plantación. En ese sentido, el fósforo, es un elemento químico que estimula el crecimiento de las plántulas y la formación de la raíz. Aunque no existen evidencias sobre el efecto de este elemento sobre la producción de la raíz tuberosa de *Dahlia variabilis*, existen estudios sobre la fertilización fosfatada de esta especie con fines ornamentales. Vidalie (2001) reporta que para tener una buena producción de flor de corte se deben aplicar 100 kg P₂O₅ ha⁻¹. Otras investigaciones muestran el efecto del fósforo en especies donde se cosecha la parte subterránea, entre ellos destaca el de Becerra (2002) quien encontró que los requerimientos de fósforo en *Solanum tuberosum* L., oscilan entre 40 y 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹. Torres (2008) en un experimento donde evaluó la fertilización fosfatada (0, 40, 80 y 120 kg de P₂O₅ ha⁻¹) en la producción de semilla de *Solanum tuberosum* L., encontró que la dosis de 80 kg de P₂O₅ ha⁻¹, resultó ser la óptima para la obtención de minitubérculos.

En relación a la densidad de plantación, esta es una de las prácticas de manejo agronómico que determina la capacidad del cultivo de interceptar recursos, pudiendo llegar a afectar de manera importante la captura y utilización de radiación, agua y nutrimentos minerales (Satorre, 1999). En *Dahlia variabilis* el tamaño de la raíz se ve sensiblemente afectada por la densidad de población, la densidad óptima en este cultivo puede variar de acuerdo a la radiación incidente, la cual depende de la latitud y la época del año (Grasso, 2004). Laguna y Valeriano (2004) en un experimento realizado en Toluca, México, evaluaron tres densidades de plantación en *Dahlia variabilis*, estos investigadores encontraron que con una densidad de 4.1 plantas m⁻² se obtuvo un rendimiento de raíz de 381.5 g m⁻² (peso fresco) y 154.1 g m⁻² (peso seco). El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización fosfatada y densidad de plantación sobre la producción de materia seca de las raíces tuberosas de *Dahlia variabilis*.

Materiales y Métodos

El ensayo se estableció en el ciclo agrícola primavera-verano 2009, en Zinacantepec, México, ubicado a 19° 17' N y 99° 44' O. El sitio tiene una altitud de 2750 msnm. Tiene un clima templado subhúmedo, la temperatura media anual oscila entre los 12° C. La precipitación media anual de 1225 milímetros, las lluvias se presentan en los meses de mayo a octubre.

Las plántulas de *Dahlia variabilis* utilizadas en el experimento, fueron seleccionadas a partir de una población procedente de semilla, proporcionadas por el Programa de Mejoramiento Genético de Dalia de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx). El trasplante se llevo a cabo el 13 de junio de 2009 cuando las plantas tenían dos pares de hojas. El cultivo se estableció bajo condiciones de temporal.

Los tratamientos evaluados fueron 16, los cuales resultaron de la combinación de dos factores de estudio: cuatro niveles de fósforo 0, 60, 100 y 120 ha⁻¹ y cuatro densidades de plantación (6.25, 4.16, 3.12 y 2.5 plantas m⁻²). Como fuente de fósforo se utilizó nitrofoska (12-12-17) empleando 500, 833 y 1000 g parcela⁻¹ para obtener 60, 100 y 120 unidades de fósforo por hectárea. En cada parcela se suministraron 120 kg de nitrógeno y 200 kg de potasio, los cuales se completaron con urea (46% N) y cloruro de potasio (60% K₂O), respectivamente.

Las variables evaluadas fueron: Tiempo térmico, mediante el método residual de Snyder (1995): $\Sigma (T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})/2 - \text{Temperatura base}$. Los datos de temperatura máxima, mínima y precipitación pluvial, durante el ciclo, se obtuvieron de la estación meteorológica de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), ubicada a 2 km del sitio en el que se estableció el experimento. Como no se tiene información acerca de la temperatura base de *Dahlia variabilis* se tomó como referencia la temperatura base del cultivo de papa que es de 6°C (Aguilar *et al.*, 2006). El área foliar (AF) se determinó con un integrador de área foliar modelo Li-COR 3100 y se expresó en cm², el peso fresco de raíz (PFR) y peso seco de raíz (PSR) se registraron en las etapas vegetativa y floración. Para obtener el PSR se utilizó una estufa de aire forzado, sometiendo las muestras a 70°C hasta alcanzar peso constante. La unidad experimental consistió de cuatro surcos de 4 m de largo y una separación entre éstos de 0.80 m. La distribución de tratamientos en el campo se llevo a cabo con un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, con cuatro repeticiones. Para cada variable evaluada se realizó un análisis de varianza (ANAVA)

y cuando las pruebas de F fueron significativas se realizó una prueba de comparación de promedios de la Diferencia Significativa Honesta (DSH) al 5% nivel de probabilidad.

Resultados y Discusión

La lluvia registrada del trasplante a la cosecha fue de 693.8 mm, de los cuales 538.9 ocurrieron en la etapa vegetativa (77.8%) y 154.9 (23%) de la floración a la cosecha. La temperatura máxima fluctuó entre 22.6°C y 26.3°C, la temperatura mínima osciló entre 1.3°C a 10.5°C. La temperatura más baja de 1.3°C se presentó a finales de la etapa reproductiva. La temperatura máxima alcanzó valores superiores a los 25°C en julio y agosto durante la etapa vegetativa (Figura 1). Bajo estas condiciones, el ciclo del cultivo se desarrolló satisfactoriamente hasta llegar a la cosecha.

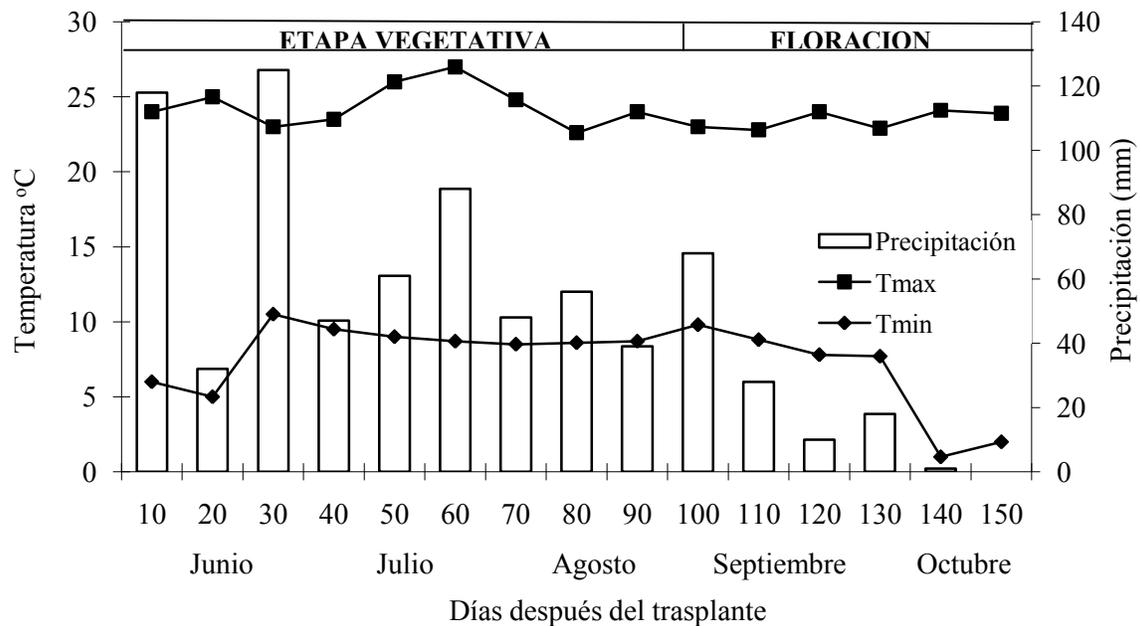


Figura 1. Temperaturas mínimas y máximas (promedio decenal) y precipitación pluvial (suma decenal), durante la estación de crecimiento de *Dalia variabilis* en Zinacantepec, México, 2009.

Durante el periodo vegetativo (de trasplante a inicio de floración) el cultivo acumuló 679.8 unidades térmicas (UT), mientras que en el periodo reproductivo (de inicio de floración a la cosecha) las UT acumuladas fueron 424.9, totalizando 1104.7 UT. No existen datos acerca del tiempo térmico acumulado en *Dahlia variabilis*, sin embargo, en otras especies donde se cosecha la parte subterránea como en *Solanum tuberosum* L. Aguilar *et al.* (2006) reportaron 778 UT en los cultivares comerciales 'Alpha' y 'Milagros'.

El análisis de varianza reveló que para el factor fósforo existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en todas las variables evaluadas. Las densidades de plantación mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0.05$) en las variables AF, PFR y PSR en ambas etapas fenológicas. La interacción fósforo \times densidades de plantación (P \times D) fue significativa ($p < 0.05$) en las variables PFR y PSR en la etapa de floración (Cuadro 1).

Cuadro 1. Efecto de cuatro niveles de fósforo y cuatro densidades de plantación en el área foliar, peso fresco y peso seco de raíz de *Dahlia variabilis* en Zinacantepec, México. México 2009. Letras diferentes en la misma columna para cada factor de estudio indican diferencias significativas al $p < 0,05$.

Factor	Etapa vegetativa			Floración		
	AF (cm ²)	PFR (g m ⁻²)	PSR (g m ⁻²)	AF (cm ²)	PFR (g m ⁻²)	PSR (g m ⁻²)
0	1847 bc	71.9 b	27.8 c	470 c	93.1 c	63.2 c
60	5415 b	109.5 ab	45.5b	2713 b	267.3 bc	135.3 bc
100	9655 a	102.1 ab	52.3 ab	6163 a	343.9 b	173.9 ab
120	9207 a	104.8 ab	48.8 b	7581 a	665.8 a	264.3 a
DSH _(0.05)	2864.3	37.6	15.7	1995.5	234.1	92.7
2.5	3505.9 d	50.2 c	23.9 c	1638 b	234.9 d	119.7 c
3.12	5155 c	72.63 c	35.5 c	2662 b	308.2 c	129.9 c
4.16	7310.6 b	117.6 b	52.2 b	3564 b	372.6 b	171.4 b
6.25	10152.3 a	168.1 a	82.9 a	9064 a	454.5 a	214.8 a
DSH _(0.05)	1530.9	29.3	13.1	2325.3	51.8	24.2
Anava						
Fósforo	12.3*	2.9*	7.5*	21.0*	7.9*	6.2*
Densidad	20.6**	18.52**	22.3**	11.8**	19.1**	18.9**
P×D	2.1ns	0.5ns	0.9ns	2.1ns	4.4*	2.3*

Anava = Análisis de varianza; **, * = Significativo al 0.01 y 0.05, respectivamente; ns = no significativo; DSH = Diferencia significativa honesta.

En estado vegetativo, con el suministro de 100 kg de P₂O₅ ha⁻¹ se obtuvieron los mayores promedios en las variables AF (9655 cm²) y PSR (52.3 g/m²), esas cantidades superaron al testigo sin fertilizante en 80.9% y 46.8%, respectivamente. Lo anterior, coincide con lo encontrado por La Casa *et al.* (2008) en el cultivo de *Solanum tuberosum* L., quienes encontraron que a medida que se incrementa el área foliar, la intercepción de la radiación fotosintéticamente activa es mayor y por lo tanto el rendimiento de los tubérculos se incrementa en forma significativa.

En floración, el nivel de fertilización de 120 kg ha⁻¹ evidenció los promedios más elevados en las tres características evaluadas (Cuadro 1), destacando el PSR, cuyo valor superó en 76.1, 48.8 y 34.2% al testigo sin fertilizante y a los niveles de fertilización de 60 y 100 kg ha⁻¹, respectivamente. Estos resultados contrastan con los reportados por Becerra *et al.* (2002) quienes al evaluar el efecto de niveles de fósforo (50 y 100 kg ha⁻¹) sobre el rendimiento de papa 'Nariño' no encontraron diferencias estadísticas significativas en la producción del tubérculo.

En ambas etapas fenológicas, la densidad de plantación de 6.25 plantas m⁻² presentó los máximos valores en todas las variables en estudio. En estado vegetativo el PSR superó en 44.5% a la densidad de 2.5 plantas m⁻²; en 39.5% a la densidad de 3.12 plantas m⁻² y en 19% a la densidad de 4.16 plantas m⁻² (Cuadro 1). En floración, se obtuvo la mayor producción de PFR (454.5 g m⁻²) y PSR (214.8 g m⁻²), estos resultados superaron a los encontrados por Laguna y Valeriano (2001), quienes al evaluar tres densidades de plantación en *Dahlia variabilis*, encontraron que con una densidad de 4.16 plantas m⁻² se obtuvo el máximo rendimiento en peso fresco (381.5 g m⁻²) y peso seco de raíz (154.1 g m⁻²). Otras investigaciones revelan que al incrementar sustancialmente el número de plantas por metro cuadrado (sin llegar a la competencia por los recursos para la producción agrícola) el rendimiento se aumenta, tal es el caso de los estudios de Arismendi (2002) en *Solanum tuberosum* L. y Grasso *et al.* (2004) en *Solanum lycopersicum* Mill.

En la Figura 2 se muestra como fue evolucionando la producción de materia seca en la raíz en función de los niveles de fósforo y las densidades de plantación. En esa Figura, se aprecia que a medida que se incrementan los niveles de fósforo y las densidades de plantación el peso seco de la raíz aumenta. Con 120 kg de P₂O₅ y una densidad de 6.25 plantas m⁻² se presenta el peso seco de raíz más elevado (345 g m⁻²) superando a las densidades de 2.5, 3.12 y 4.16 plantas m⁻² en 50.4, 30.4 y 12.6%, respectivamente. Estos resultados concuerdan con el estudio de Arismendi (2002) en donde encontró que utilizando una densidad de plantación de 6.25 plantas m⁻² y una cantidad de P₂O₅ de 150 a 200 kg ha⁻¹ se logra el rendimiento más elevado (18.7 t ha⁻¹) en *Solanum tuberosum* L.

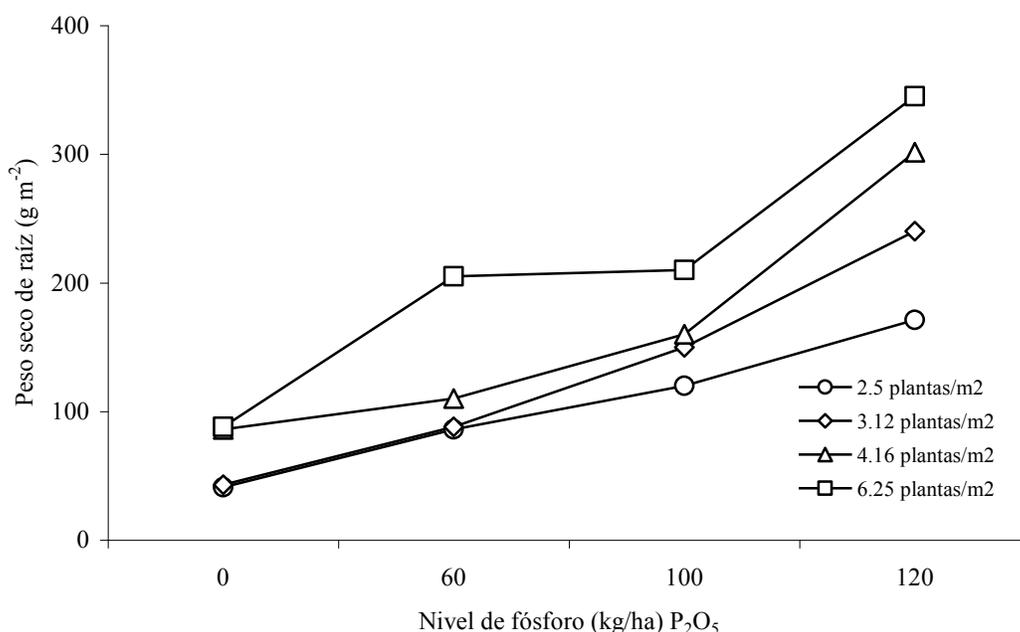


Figura 2. Efecto de interacción de cuatro niveles de fósforo y cuatro densidades de plantación en el peso seco de raíz de *Dahlia variabilis* en Zinacantepec, México. México, 2009.

Conclusiones

El tiempo térmico acumulado desde el trasplante hasta la cosecha fue de 1104.7 unidades térmicas. Asimismo, con la adición de 120 kg/ha de P₂O₅ se logró un peso seco de raíz de 264.3 g m⁻². La densidad de plantación adecuada para el cultivo de *Dahlia variabilis* fue de 6.25 plantas m⁻², ya que con esta cantidad de plantas se alcanzó el mayor peso seco de raíz con 214.8 g m⁻². La interacción fósforo × densidad de plantación evidenció que con el suministro de 120 kg de P₂O₅ ha⁻¹ y una densidad de plantación de 6.25 plantas m⁻² se alcanzó el mayor peso seco de raíz con 345 g m⁻².

Literatura Citada

- Aguilar L. M. G., J. Carrillo, A. Rivera, V. González. 2006. Análisis de crecimiento y relaciones fuente-demanda en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Rev. Fitotecnia Mexicana 29(2): 145-156.
- Arismendi, L. G. (2002). Investigación sobre el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en el oriente de Venezuela. Rev. Agrícola 2(1): 1-7.
- Becerra, S. L. A. 2002. Efecto de los niveles de fósforo y potasio sobre el rendimiento del cultivar 'Criolla Guaneña' en el departamento de Nariño. Rev. Latinoamericana de la Papa 14(1): 51-60.
- Grasso, R., A. Muguero, J. Ferratto, M. C. Mondino y A. Longo. 2004. Efecto de la época y de la densidad de plantación sobre la productividad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bajo invernadero. Rev. Ciencias Agrarias 3 (1-2): 7-11.
- La Casa, A., G. Ovando, L. Bressanini, y J. Martínez. 2008. El índice de área foliar en papa estimado a partir de la cobertura del follaje. Agronomía Tropical. 50(1): 61-64.
- Laguna, C. A. y G. E. Archundia. 2004. Evaluación de la productividad de raíces tuberosas de dalia para la obtención de inulina. Coloquio de Investigación, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México, p. 58.
- Satorre, E. H. 1999. Plant density and distribution as modifiers of growth and yield. En: Satorre, E. H. and Slafer, G. A. (eds), pp. 141-159. Ecology and Physiology of Yield. The Haworth Press, Inc. New York, USA. 340 p.
- Torres, P. H. 2008. Fertilización fosfórica en mini tubérculos de papa para semilla. Folleto técnico 1: 1-6. Instituto de Investigaciones en Viandas Tropicales. Santo Domingo, Villa Clara, Cuba.
- Vidalie, H. (2001). Producción de flores y plantas ornamentales. Ed. Mundi Prensa, México, 269p.

ADSORCIÓN Y DESORCIÓN DE NPK EN TRES SUELOS DEL ESTADO DE YUCATÁN

Moo Kaul, Cristy¹ y Borges Gómez, Lizette¹.

¹Instituto Tecnológico de Conkal. Km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán.
Caro_cm_k_09@hotmail.com

Resumen

La habilidad del suelo para liberar iones en la solución ha sido descrita a través de la pendiente de la isoterma de adsorción y desorción (k_d), este parámetro define la distribución de nutrientes entre las fases sólidas y líquidas del suelo; no obstante; los suelos presentan diferentes capacidades para retener y liberar los nutrientes. El objetivo del presente estudio fue conocer la capacidad de suministro de N, P y K mediante la evaluación de las isotermas de adsorción y desorción. Para ello se colectaron muestras de tres tipos de suelos las cuales fueron tratadas con diferentes concentraciones de NO_3^- , P y K para medir el nutriente adsorbido y posteriormente se utilizó una solución extractante de CaCl_2 y medir la desorción. Los resultados mostraron que la concentración de NPK en la solución es mínima, los tres suelos mostraron mayor solubilidad de NO_3^- , seguida de K^+ y por último de HPO_4^{2-} . Es necesario tomar en cuenta estas características del suelo para proporcionar un manejo adecuado.

Palabras clave: Retención y Liberación

Abstract

The skill of soil to get free ions in the solution have been described through the pendant of the isotherm of adsorption and distortion (k_d), this parameter define the distribution of nutrients between the solid and liquid phases of the soil; however, the soils show differents capacities to keep and get free the nutrients. The objective of this study was to know the capacity of supply of N, P y K through the evaluation of the isotherms of adsorption and disortion. For that reason we collect samples of three different kind of soils which ones were traded with different concentrations of NO_3^- , P y K to measure the nutrient adsorbed and then we used a solution extracted of CaCl_2 and measure the disortion. The results show that the concentration of NPK in the solution is minimun, the three soils show most solubility of NO_3^- , followed of K^+ and in the end of HPO_4^{2-} . Is necessary take in mind the characteristics of soil to give an adequated use.

Key Words: Retention and Release.

Introducción

La concentración de nutrientes en la solución del suelo (C_i) varia de acuerdo al tipo de material geológico del que se origina, a sus propiedades físicas y químicas del suelo, del contenido de humedad, de la profundidad, periodo del año y aplicación de fertilizantes. En la mayoría de los suelos la cantidad de minerales en la solución es demasiado exigua como para cubrir las necesidades nutricionales de las plantas. En el caso del nitrógeno en el suelo, solo del 2 al 5% representa el nitrógeno inorgánico, de los cuales el NH_4^+ y NO_3^- son los que están disponibles (Nelson 1999). El P inorgánico en la solución del suelo está presente en dos formas diferentes: como ión fosfato monoácido (HPO_4^{2-}) y ión fosfato diácido (H_2PO_4^-) aunque es habitual expresar este contenido en P_2O_5 , el cual varía entre 0.1 y algo más de 1 mg L^{-1} (Urbano, 1995). Respecto al potasio se han registrado valores inferiores a 10^{-5} M , (Wild, 1992). La importancia del conocimiento de la solución del suelo se debe a que a partir de esta es de donde las plantas toman los nutrientes; si la concentración de nutrientes en la solución del suelo no cubre los requerimientos del cultivo, estos pueden ser aplicados a través de la fertilización química. Bajo el supuesto de que solo con la incorporación de fertilizantes se asegurarán las cosechan y aumentarán los rendimientos se han utilizado recomendaciones de fertilización N, P y K) independientemente de las características del suelo y del cultivo; se desconoce si las dosis empleadas son aprovechadas por la planta o los nutrimentos incorporados quedan atrapados en el suelo; ya que los suelos presentan diferentes capacidades para retener los minerales en la fase sólida y liberarlos a la fase soluble

La habilidad del suelo para liberar iones en la solución esta representada por el coeficiente de partición (K_d) (Van Rees *et al.*, 1990). K_d está descrito por $\frac{C_s}{C_l}$ donde C_s es la concentración de iones en la fase sólida (mmol Kg^{-1}) en equilibrio con C_l que es la concentración de iones en la fase líquida (mmol L^{-1}). Los resultados se obtienen al comparar la concentración del soluto y después llegar a un equilibrio con el adsorbente. Freundlich, en 1907, propuso el modelo matemático general de la isoterma para describir los procesos de adsorción-desorción: $y = ax^{1/b}$ donde y es la cantidad del nutriente adsorbido por cantidad de suelo (mg kg^{-1}), a es la pendiente (el coeficiente de partición K_d), x es la concentración del nutriente en equilibrio en la solución (mg L^{-1}) y b es el intercepto. También es importante conocer el poder amortiguador del suelo (b'), esto es la capacidad del suelo para mantener una concentración de nutrientes en la solución, el cual depende del contenido volumétrico del agua en el suelo (θ), de la densidad aparente (ρ) y el coeficiente de partición de los nutrimentos (K_d). En este trabajo se evaluó la capacidad de suministro de nutrimentos de nitrógeno, fósforo y potasio mediante el análisis de las isotermas de adsorción y desorción, para ello fue indispensable evaluar características físicas y químicas del suelo involucradas en dicho proceso.

Materiales y Métodos

Se colectaron muestras de tres tipos de suelos en la unidad agrícola José López Portillo, municipio de Muna, Yucatán, México; **el análisis de caracterización física y química** se hizo con tres repeticiones. Los parámetros evaluados fueron: pH, MO, CIC textura, porosidad, densidad real y densidad aparente (ρ), contenido volumétrico (θ), nitrógeno total y el fósforo extraíble. Los métodos empleados para la realización de los análisis, fueron los establecidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000). **La concentración inicial (C_i) de NPK** Se obtuvo al colocar 30 mL de agua destilada y 2 g de suelo en tubos de centrifuga, se agitaron durante 24h a 170 rpm y 25 °C, seguidamente se centrifugaron a 3500 rpm durante 20 minutos. Posteriormente se filtraron separando la fase sólida y líquida, y se cuantificaron los contenidos de NO_3^- , P y K remanente en la solución. Las lecturas de NO_3^- y K fueron obtenidas utilizando el método del ionómetro y para las lecturas de P se empleó el método colorimétrico. **El coeficiente de partición (K_d)** Se obtuvo a través de las isotermas de adsorción y desorción. Para la adsorción de NO_3^- se utilizaron soluciones de 0, 0.1, 0.2, 0.5, 1.5, 2.5, 5 y 10 mM de KNO_3 . El análisis consistió en colocar por triplicado 2 g de suelo y 30 mL de solución; se agitaron durante 24 horas a 170 rpm a 25°C; se centrifugaron durante 20 minutos a 3500 rpm luego se filtró separando la fase sólida de la fase líquida. En el filtrado se cuantificó el contenido de NO_3^- remanente en la solución. **La diferencia entre lo adicionado y lo obtenido en las lecturas corresponde a lo adsorbido o retenido al suelo.** Para la obtención de las isotermas de desorción, a la parte sólida proveniente de la isoterma de adsorción, se le añadieron 30 mL de una solución extractante de cloruro de calcio 0.01 M, se agitó nuevamente por 24 horas a 170 rpm y 25 °C, se centrifugaron y posteriormente se filtraron para determinar el contenido de NO_3^- . **Las lecturas que se obtuvieron correspondieron a la desorción del nutriente hecha por un agente extractante.** Para las isotermas de P y K se siguió este mismo procedimiento pero las soluciones utilizadas fueron a base de KH_2PO_4 en concentraciones de 0, 0.01, 0.2, 0.4, 1, 2 y 5 mM en el caso del P y para las de K se utilizaron soluciones de 0, 0.2, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 mM de KCl . **La capacidad amortiguadora (b')** se obtuvo desarrollando los análisis propuestos en la ecuación de Van Rees *et al.*, (1990): $b' = \theta + (\rho K_d)$. La obtención del contenido volumétrico de agua (θ) fue por el método gravimétrico. Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el análisis de varianza, utilizando el programa Statgraphics Plus, Versión 5.1 y la comparación de medias por Tukey se realizó con un nivel de confianza del 95%.

Resultados y Discusión

Caracterización física y química de los suelos

Se identificaron los suelos como K'ankab, Ak'alche y Yaax-hom; los cuales según el sistema FAO, se denominan Luvisol crómico, Gleysol vértico y Vertisol pélico respectivamente. Los suelos K'ankab y Ak'alche tuvieron textura arcillosa, sin embargo; el K'ankab tuvo mayor proporción de arena (28.55 %); es decir; sus poros son grandes, aún cuando el porcentaje de porosidad sea menor (62.5%) por lo que su

densidad aparente (0.92 g cm^{-3}) es mayor. De acuerdo a Rincón *et al.*, (2008) la presencia de macroporos en el suelo permiten el paso rápido del agua a través del perfil esto explica el drenaje excesivo de este suelo y por lo tanto su contenido volumétrico de agua es menor ($0.60 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$); por el contrario el suelo Ak'alche, con menor proporción de arena (3.21%) pero con elevada proporción de partículas de limo (30.67%) el porcentaje de porosidad es mayor; sin embargo; dicha porosidad está conformada por poros pequeños, lo que favorece el alto contenido de agua a capacidad de campo (83.4%) al igual que el contenido volumétrico de agua ($0.66 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$). Los valores de pH encontrados van de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos, la CIC fue diferente entre K'ankab y Ak'alche a pesar de que ambos tuvieron el mismo porcentaje de arcilla, esto se debe probablemente al tipo de arcilla predominante en cada suelo, no se encontraron diferencias significativas respecto al contenido de MO (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 se muestra el contenido de minerales de los suelos, el N total va de medianamente pobre a medianamente rico, los niveles de P y K encontrados fueron altos. No obstante, la clasificación en rico, mediano o pobre no significa su disponibilidad, ya que esto depende de su solubilidad; este contenido potencial de NPK en comparación con los contenidos solubles reportados resultaron ser bajos particularmente en el suelo Ak'alche, observándose un valor extremadamente bajo de K en este suelo.

Cuadro 1 Caracterización fisicoquímica de tres suelos del sur del estado de Yucatán

Suelo	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Porosidad	ρ	\square	pH	MO	CIC
	%				%	g cm^{-3}	$\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$		%	$\text{meq } 100\text{g}^{-1}$
K'ankab	28.6a	5.3b	66.1a	Arcillosa	62.5b	0.92a	0.60b	7.3a	2.58a	23.45b
Ak'alche	3.2b	30.7a	66.1a	Arcillosa	71.9a	0.80b	0.66a	6.4b	2.61a	31.99a
Yaax-hom	11.2b	37.3a	51.5b	Arcillosa-Limosa	68.7a	0.92a	0.63b	6.2b	2.60a	29.53a

Cifras con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales. ρ : Densidad aparente, \square Contenido volumétrico de agua.

Retención y liberación de NPK

En la Figura 1a se observa que las dosis probadas de N son recuperadas en la solución del suelo mostrando un comportamiento similar en los tres suelos. Cuando se adiciona a los suelos soluciones con concentraciones bajas de NO_3^- , el contenido de NO_3^- liberado a la fase líquida es muy bajo. Sin embargo, al incrementarse la concentración de la solución añadida ($> 5 \text{ mmol L}^{-1}$), el porcentaje de NO_3^- en la solución aumenta considerablemente. En el caso de Fósforo (Figura 1b) se observó que con aplicaciones menores a 5 mmol L^{-1} las concentraciones disponibles para las plantas son mínimas. Por la formación calcárea de estos suelos, la capacidad de retención de P es alta (Wandruszka, 2006) y es necesaria aplicaciones superiores a 5 mmol L^{-1} observándose que conforme se incrementa la adición de fósforo la retención disminuye.

Cuadro 2 Contenido potencial de NPK y NPK disponible para las plantas

Suelo	N	P	K	NO_3^-	$\text{PO}_4^{=}$	K^+
	%	mg kg^{-1}				
K'ankab	0.20 ^a	25.6b	687 ^a	55.8b	19.9a	10.14a
Ak'alche	0.14b	11.5c	348c	32.9c	18.05a	1.56b
Yaax-hom	0.17ab	37.4a	512b	67.0a	26.6a	10.14a

Cifras con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales

Los valores de K liberado en relación al retenido fueron 10 veces mayor (Figura 1c); esto se debe probablemente a la presencia de arcillas 2:1 que acumulan K en sus capas interlaminares, El porcentaje de retención disminuyó conforme se aumentó la concentración añadida de K. De acuerdo a Sparks y Huang, (1985) cuando se ha llevado un mal programa de fertilización y el K del suelo ha sido agotado, el intento de mejorar la nutrición potásica mediante la fertilización puede resultar poco exitoso, ya que al ser añadido el K al suelo, este es retenido dado al agotamiento de K en las arcillas del suelo.

Cuadro 3 Ajuste de las isotermas de adsorción y desorción al modelo de Freundlich ($y = ax^{-1/b}$) y valores de capacidad amortiguadora

Elemento	Suelo	a (k_d)	b	R^2	b'
NO ₃ ⁻	K	6.99c	0.25	0.76	7.01b
	A	8.83a	0.19	0.82	7.72a
	Y	7.70b	0.23	0.83	7.70a
P	K	2.41c	0.63	0.92	2.81b
	A	2.61b	0.66	0.94	2.74b
	Y	2.72a	0.67	0.84	3.13a
K	K	20.18a	0.44	0.97	19.17a
	A	17.29b	0.48	0.97	14.5c
	Y	16.87c	0.6	0.96	16.15b

K: K'ankab, A: Ak'alche, Y: Yaax-ho, k_d : Coeficiente de partición, b' : capacidad amortiguadora.

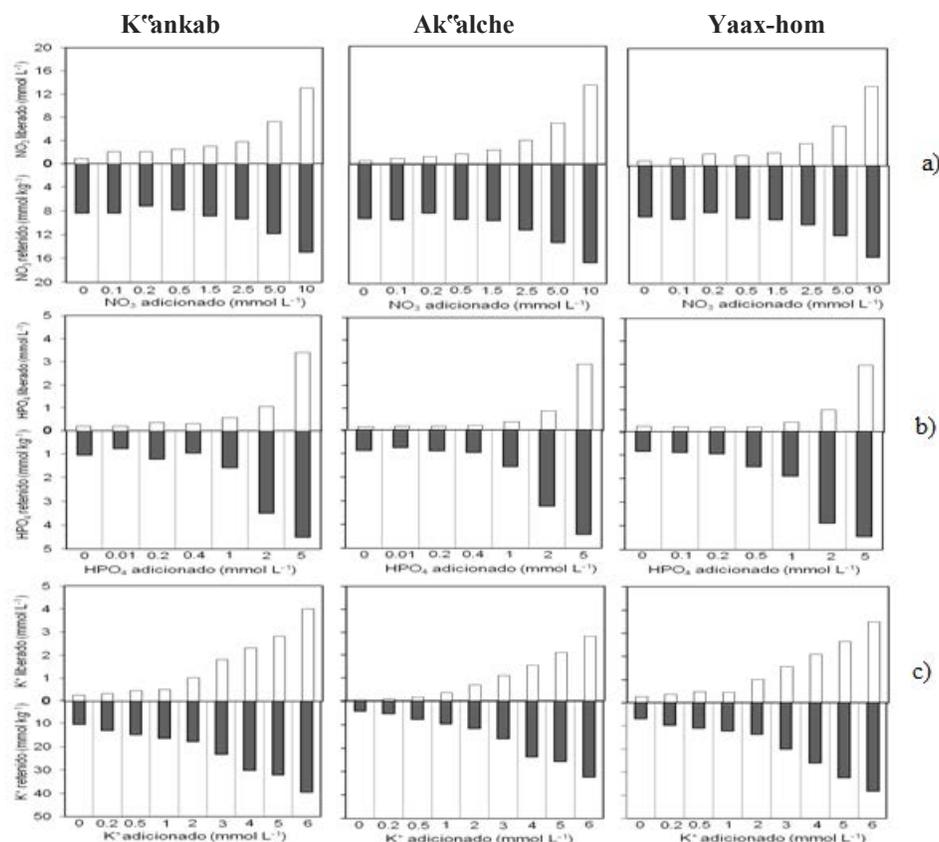


Figura 7 Retención y liberación de a) NO_3^- ; b) HPO_4^- y c) K^+ en los suelos K'ankab, Ak'alche y Yaax-hom, en respuesta a la adición de diferentes dosis de N, P y K respectivamente

Conclusiones

De acuerdo a su composición natural el aporte de minerales en la solución del suelo es muy limitada, los tres suelos mostraron mayor solubilidad de NO_3^- , seguida de K^+ y por último HPO_4^- . Según los valores de b' el suelo Ak'alche presentaría más problemas para liberar P y K y el suelo K'ankab para liberar N.

Literatura Citada

- Bugarín, M. R., Galvis, S. A., Hernández, M. T. H., García-Paredes, D. 2007. Capacidad amortiguadora y cinética de liberación de potasio en suelos. *Agricultura Técnica en México*. 33:73-81
- Henríquez, C. 2005. Sorción y desorción de fósforo en un andisol de Costa Rica dedicado al cultivo del café, caña de azúcar y bosque. *Agronomía Costarricense*. 29:97-105.
- Nelson, C. 1999. Managing nutrients across regions of the United States. *Journal of Dairy Science* 82 (Suppl. 2): 90-100
- Norma Oficial Mexicana 021-SEMARNAT 2000. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril del 2003.
- Rincón, A. H., Castro, H. E., Gómez M. I. 2008. Caracterización física de los suelos sulfatados ácidos del Distrito de Riego del Alto Chicamocha (Boyacá) y su aplicación al manejo. *Agronomía Colombiana* 26(1):134-145.
- Sparks, D. L., and Huang P. M. 1985. Physical Chemistry of Soil Potassium. In: Potassium in Agriculture. R. D. Mundson (ed). American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Soil Science Society of America. Madison, USA. pp 201-276.
- Urbano, T. P. 1995. Tratado de Fitotecnia General. 2ª ed. Ed. Mundi-Prensa, España. pp. 414, 513.
- Van Rees K. C. J., Comerford N. B., and Rao P. S. C. 1990. Defining soil buffer power: implications for ion diffusion and nutrient uptake modeling. *Soil Sci Am. J.* 54: 1505-1507.
- Wandruszka, R. V. 2006. Retención de fósforo en suelos calcáreos y el efecto de la materia orgánica en su movilidad. *Geochemical Transactions*. 7:6-6
- Wild, A. 1992. Condiciones de suelo y planta según Russell. Ed. Mundi-Prensa, España. pp.790.

CONTENIDO DE LICOPENO EN TOMATE BAJO TRES DOSIS DE FERTILIZACIÓN

Gallegos Robles, Miguel Angel¹, Quevedo Guillen Juan de Dios¹, Vázquez Vázquez Cirilo¹, García Hernández José Luis¹, Ramírez Ramírez Manlio E¹, Candelas Cadillo María Guadalupe², Ramírez Baca Patricia², Tania Lizzeth Guzmán Silos³, Núñez Chavarría María de Jesús⁴, y Carrillo Chavarría Marina⁴.

1 Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED garoma64@hotmail.com

2 Facultad de Ciencias Químicas-UJED

3 Estudiante de Doctorado FAZ-DICAF-UJED

4 Estudiantes de maestría en Agricultura Orgánica Sustentable-FAZ-UJED

Resumen

El licopeno es un carotenoide al cual se le atribuyen propiedades anti cancerígenas por sus efectos antioxidantes que neutralizan los radicales libres que dañan las células. El consumo de tomate rico en carotenoides está asociado con una reducción del riesgo de varias enfermedades crónicas, principalmente cáncer de próstata y cardiovascular. Los objetivos del presente trabajo fueron: a) evaluar el contenido de licopeno en tres variedades de tomate y b) evaluar el efecto de dosis de fertilización química sobre el contenido de licopeno. El contenido de licopeno fue evaluado en tres variedades y tres dosis de fertilización nitrogenada. El experimento se evaluó en un diseño bloques completos al azar con arreglo factorial 3x3 y tres repeticiones. El contenido de licopeno se evaluó en frutos rojos y siguiendo la metodología extracción de Hart y Scott (1995) y se cuantificó por espectrofotometría. De acuerdo a los resultados, se encontró que la mejor variedad por su contenido de licopeno fue Majestad y la mejor dosis fue de 60-30-12. Se observó una respuesta negativa entre contenido de licopeno y dosis de nitrógeno, entendiéndose esto, como una tendencia a aumentar el contenido de licopeno en los frutos de tomate como respuesta al estrés nutricional de nitrógeno.

Palabras clave: Nitrógeno, carotenoide.

Abstract

Lycopene is a carotenoid which has been conferred anticancer properties by their antioxidants effects which neutralize free radicals that damage cells. Consumption of carotenoid-rich tomatoes is associated with decreased risks for several chronic diseases, most notably prostate cancer and cardiovascular disease. The objectives of this study were: a) evaluate the content of lycopene in three varieties of tomato, b) evaluate the effect of doses of chemical fertilizers on the content of lycopene. The lycopene content was evaluated in three varieties and three doses of nitrogen fertilization. The experiment was evaluated in a randomized complete block design with 3x3 factorial arrangement with three replications. The lycopene content was evaluated in red fruits and following the methodology of Hart and Scott extraction (1995) and quantified by spectrophotometry. According to the results found the best variety for their lycopene content was Majesty and the best dose was 60-30-12. Negative response was observed between lycopene content and dose of nitrogen, this being understood as a tendency to increase the lycopene content in tomato fruits in response to nutritional stress of nitrogen.

Key Words: Nitrogen, carotenoid.

Introducción

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es una de las especies hortícolas de mayor importancia en el mundo, usándose tanto en consumo fresco como en la industria (Giacconi y Escaff, 1995). El comercio del tomate mexicano depende, en gran medida, del mercado estadounidense, al cual, en los últimos diez años, las exportaciones se incrementaron 67%. En 2000, México aportó 590 000 t (80.8%) de tomate fresco a los EE.UU., seguido por Canadá (13.9%) y los Países Bajos (3.8%), (FAS-USDA, 2001). En 2000, el tomate mexicano aportó 12.8% del valor de las exportaciones agropecuarias de México (3655.2 millones de dólares), y 25.4% del valor de las exportaciones de legumbres y hortalizas frescas (INEGI, 2001) Es la

hortaliza que ocupa mayor superficie sembrada en todo el mundo, con alrededor de 3,593,490 ha, con una producción de 53,857,000 ton. En México se siembran alrededor de 80,000 ha con un rendimiento promedio de 28.7 ton/ha., por lo cual es la segunda hortaliza más importante por la superficie sembrada que ocupa; la más importante por su volumen en el mercado nacional, y la primera por su valor de producción (Nieto y Velasco, 2006). El tomate es importante en la salud humana debido a que es rico en vitamina C, A, B, y B₂, abundante en potasio, y bajo en energía calorífica. El licopeno, carotenoide característico del tomate, que le confiere su coloración roja, no tiene actividad pro vitamínica A, pero muestra una capacidad antioxidante dos veces más alta que el β -caroteno, por lo que su presencia en la dieta se considera de gran interés (Olmedilla, 1999; Shi y Le Maguer, 2000) ya que actúa protegiendo las células del estrés oxidativo producido por la acción de los radicales libres que son responsables del cáncer, enfermedades cardiovasculares y envejecimiento (Candelas *et al.*, 2005). El licopeno es un agente anti carcinogénico y antiaterogénico al intervenir en la comunicación intercelular (Fornelli *et al.*, 2007) y modular los mecanismos inmunológicos (Lee *et al.*, 2000; Rao, 2006). Los objetivos del presente trabajo fueron: a) evaluar el contenido de licopeno en tres variedades de tomate y b) evaluar el efecto de dosis de fertilización química sobre el contenido de licopeno.

Materiales y métodos

El trabajo se estableció en el año 2010 en el ciclo primavera-verano. Las variedades de tomate utilizadas fueron Río Grande, Majestad y Yaqui, las tres con fruto tipo saladette. El terreno donde se realizó el experimento era de suelo migajón limoso, bajo en materia orgánica. El trasplante se realizó en camas de 1.5 m de ancho. La parcela experimental consistió de tres camas de 3.0 m de largo y la parcela útil fue la cama central. La distancia entre plantas fue de 0.25 m. Se evaluaron tres dosis de fertilización nitrogenada, manteniéndose constante los niveles de fósforo y potasio: 100-30-12 (dosis 1), 80-30-12 (dosis 2) y 60-30-12 (dosis 3) kg/ha respectivamente de N, P, K. Se utilizó un diseño bloques completos al azar con arreglo factorial 3x3 y tres repeticiones. La comparación de medias fue con Duncan. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete Statistica Version 10.0 MR1. La variable evaluada fue el contenido de licopeno (μg de licopeno/g de tomate fresco), el cual se extrajo mediante la técnica de Hart y Scott (1995) y se cuantificó por espectrofotometría. El contenido de licopeno se evaluó en frutos rojos.

Resultados y discusión

De acuerdo al cuadro 1 del análisis de varianza, existen diferencias ($p < 0.01$) en las fuentes de variación variedades, dosis y en la interacción variedad por dosis. En relación con las variedades, éstas responden de manera diferente a la aplicación de nitrógeno en su respuesta al contenido de licopeno. Se observa en el cuadro 2, que la mejor variedad fue Majestad, seguida de Río grande y Yaqui. Lo anterior señala que existen diferencias genéticas en las variedades en la respuesta diferencial a la fertilización del suelo y lo cual se reflejó en el contenido de licopeno. Kubota *et al* (2006) mencionan que el aumento de licopeno en respuesta al estrés salino en los frutos de tomate ha demostrado ser cultivar específico. Así mismo, Perkins-Veazie *et al* (2000) señalan que en el caso del melón el contenido de licopeno varía entre cultivares y que una alternativa para incrementar el contenido de licopeno es mediante mejoramiento genético. Respecto a las dosis de fertilización, en las tres dosis el elemento que varió fue el nitrógeno, manteniéndose constante el fósforo y el potasio. Se observa en el cuadro 1 que hubo diferencias ($p < 0.01$), siendo mejor la dosis 60-30-12, que las dosis más altas en nitrógeno (100-30-12 y 80-30-12) (Cuadro 2). Existe información que señala que en las plantas y algas verdes, los genes involucrados en la producción de carotenoides tienden a ser sobre regulados por la luz en combinación con condiciones reducidas de nitrógeno (Vidhyavathi *et al*, 2008). El aumento en el consumo de alimentos ricos en licopeno demanda a su vez, un impulso en la investigación para identificar los medios para aumentar la producción de licopeno

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable contenido de licopeno

Efecto	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F	p
dosis	2	681.06	340.53	660.6	0.000000
variedad	2	400.72	200.36	388.7	0.000000
dosis- variedad	4	398.57	99.64	193.3	0.000000
error	18	9.28	0.52		

Cuadro 2. Valores promedio de contenido de licopeno (μg /g de tomate fresco) por variedad y dosis de fertilización.

Variedad	Promedio Variedades	Dosis			Promedio Dosis
		N	P	K	
Río Grande	45.9936066	100-30-12			40.4257561
Majestad	48.5052868	80-30-12			41.7606351
Yaqui	39.3719043	60-30-12			51.6844065

en frutos de tomate. Ya sea a través del mejoramiento y selección de variedades con mayor producción de licopeno o a través de prácticas de manejo del cultivo adecuadas, como la fertilización óptima, se debe buscar un enfoque básico para maximizar la producción de licopeno (Taber *et al*, 2008).

En relación con las interacciones variedad por dosis de fertilización (cuadro 3) se observa que la mejor interacción fue en la dosis 60-30-12 y la variedad Río Grande. En general se puede observar que los mejores contenidos de licopeno fueron en las interacciones donde intervino la dosis 60-30-12, no importando la variedad, así como en las interacciones donde intervino la variedad Majestad, no importando la dosis. Lo anterior plantea por lo tanto a la dosis 60-30-12 y a la variedad Majestad como alternativa para obtener contenidos importantes de licopeno en el fruto de tomate. Nguyen y Schwartz (1999) señalan que, en las variedades comunes de tomate el licopeno se encuentra en concentraciones de 3.1 a 7.7 mg/100g de fruta madura (31 a 77 $\mu\text{g/g}$ de tomate fresco). Clinton (1998) menciona que las concentraciones de licopeno en las cepas muy rojas se aproximan a 50 mg/kg (50 $\mu\text{g/g}$ de tomate fresco) comparados con sólo 5 mg/kg en las variedades amarillas.

Cuadro 3. Valores promedio de contenido de licopeno (μg /g de tomate fresco) por variedad y dosis de fertilización.

Dosis	Variedad	Medias de μg de licopeno/g de tomate fresco
100-30-12	Río Grande	37.68574 f
100-30-12	Majestad	42.48077 e
100-30-12	Yaqui	41.11076 e
80-30-12	Río Grande	42.32269 e
80-30-12	Majestad	50.49004 c
80-30-12	Yaqui	32.46917 g
60-30-12	Río Grande	57.97239 a
60-30-12	Majestad	52.54505 b
60-30-12	Yaqui	44.53578 d

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación así como la información documentada, sugiere que el contenido de licopeno es dependiente de la variedad, sin embargo también es dependiente de las condiciones ambientales, particularmente del estrés nutricional, lo cual puede permitir manejar condiciones de estrés nutricional en el campo tendientes a incrementar el contenido de licopeno.

Literatura citada

- Candelas, M.G., M. G. J. Alanís, M. Bautista, F. Del Rio, y C. García. 2005. *Contenido de licopeno en jugo de tomate secado por aspersión*, Revista Mexicana de Ingeniería Química: 4, 299-307
- Clinton S. K. 1998. Lycopene: Chemistry, Biology and Implications for Human Health and Disease. *Nutrition Reviews*. Vol. 56 No. 2 pp. 35-51
- FAS-USDA (Foreign Agricultural Service-United States Department of Agriculture). 2001. Base de Datos. Washington, D. C. USA. Internet: <http://www.fas.usda.gov>
- Fornelli F., A. Leone, I. Verdesca, F. Minervini, and G. Zacheo. 2007. *The influence of lycopene on the proliferation of human brast cell line (MVF)*, *Toxicol in vitro*: 21(2), 217-223
- Hart, D. J., and K. J. Scott. 1995. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. [Food Chemistry Volume 54, Issue 1](#), 1995, Pages 101-111
- Giaconi, V., and M. Escaff. 1995. *Cultivo de hortalizas*. 11ª edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 337 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2001. Banco de Información Electrónica. México. D. F. Internet: <http://www.inegi.gob.mx>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2001. Banco de Información Electrónica. México. D. F. Internet: <http://www.inegi.gob.mx>
- Kubota C., C. A. Thomson, M. Wu, and J. Javanmardi. 2006. Controlled Environments for Production of Value-added Food Crops with High Phytochemical Concentrations: Lycopene in Tomato as an Example. *Hort Science* 41: 522-525
- Nguyen M. L., and S. J. Schwartz. 1999. Lycopene: Chemical and Biological Properties. *Food Technology* 53 (2) 38 - 44
- Olmedilla B. 1999. *Licopeno: Fuentes dietéticas y biodisponibilidad en los humanos*, *Ibérica Actualidad Tecnológica*: 424, 535-540
- Lee A., D.I. Thurnham y M. Chopra. 2000. *Consumption of tomato products with olive oil but not sunflower activity of plasma*. *Free Radic. Biol. Med.*: 29(10), 1051-1055
- Nieto A. R. y H. E. Velasco. 2006. —*Cltivo de Jitomate en Hidroponía e Invernadero*”. 2da edición. Departamento de Fitotecnia Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Perkins-Veazie P., J. K. Collins, and S. Pair. 2000. Watermelon Lycopene Content Varies with Cultivar and Maturity Stage. *Hort Science* 35: 412
- Rao V. Ed. 2006. *Tomatoes, Lycopene and Human Health*. Ed. Caledonian Press. ISBN: 0-9553565-0-4, 39-62, Bcelona, España.
- Shi J. y M. Le Maguer. 2000. *Lycopene in Tomatoes: Chemical and Physical properties affected by food processing*, *Critical Review in Biotechnology*: 20 (4), 293-334
- Taber H., P. Perkins-Veazie, S. Li, W. White, S. Rodermel, and Y. Xu. 2008. Enhancement of Tomato Fruit Lycopene by Potassium Is Cultivar Dependent. *Hort Science* 43(1):159–165
- Vidhyavathi R., L. Venkatachalam, R. Sarada, and G. A. Ravishankar. 2008. Regulation of carotenoid biosynthetic genes expression and carotenoid accumulation in the green alga *Haematococcus pluvialis* under nutrient stress conditions. *Journal of Experimental Botany*, Vol. 59, No. 6, pp. 1409–1418

EFFECTO DE LA PLANTACIÓN DE PENNISETUM PURPUREUM VC. CUBA CT-115 EN LA VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE LOS SUELOS EN LA GRANJA PICADURA, CUBA.

G. Crespo¹ y Lázara Otero²

¹Instituto de Ciencia Animal

²Instituto de Suelos

E-mail: grespo@ica.co.cu

Resumen

Se investigó el efecto de la plantación —a vuelta de arado” y perpendicular a la pendiente del pasto *P. purpureum* vc CUBA CT-15 en las propiedades físico-químicas de los suelos Pardo cálcico carbonatado lítico y Pardo cálcico carbonatado en la Unidad 123 de la granja Picadura, en la Habana. Las propiedades estudiadas fueron: textura (T), humedad (H), densidad aparente (DA), cationes cambiabiles (CC) y capacidad de intercambio de bases (CIB) a diferentes profundidades. A los resultados se les determinaron los estadígrafos de tendencia central: media, desviación estándar y coeficiente de variación, mientras que para la comparación entre las medias se utilizó la prueba —de Students”. En el suelo Pardo cálcico carbonatado lítico, después de plantado el pasto, la DA disminuyó de 1.2 a 0.90 Mg/m³ en ambas profundidades, mientras que el contenido de arcilla fue superior a 60%. En este suelo la CIB y el Ca²⁺ aumentaron y el Mg²⁺ tendió a disminuir. Por su parte, en el suelo Pardo cálcico carbonatado, la textura predominante fue también arcillosa (63 a 75% de arcilla) y hubo aumento significativo del Ca²⁺ y de la CIB, sin variación de los demás cationes. Se concluye que la plantación de esta especie de pasto de forma perpendicular a la pendiente produce disminución de la DA y aumenta el movimiento de cationes a través del perfil en ambos tipos de suelos, lo cual es un índice de mejora de la permeabilidad de los mismos, que se traduce en una mayor resistencia a la erosión.

Palabras clave: *P. purpureum* vc. Cuba CT-115, plantación, propiedades del suelo, área ganadera, Cuba.

Introducción

El efecto de la ganadería vacuna en algunas de las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos de la provincia La Habana ha sido investigado por Rodríguez (2004), Crespo (2005) y Lok (2006). Los principales resultados de tales estudios concluyeron que los indicadores más afectados han sido la densidad aparente, la estabilidad estructural, la permeabilidad y el contenido de materia orgánica. También quedó demostrado que el tipo de vegetación en el pastizal ejerce una influencia notable en dichos indicadores, lo cual ha sido encontrado por otros investigadores en el mundo (Ernst, 2004 y Nunes et al, 2010).

Crespo (2010) encontró, en un período de lluvia de 64 mm, pérdidas de suelo por arrastre de agua de 1.16 t/ha en un pastizal natural y solo 0.46 t/ha en un pastizal con mezclas de leguminosas rastreras, en terreno con alrededor de 12% de pendiente y predominio de textura ligera. No obstante, aún no se ha investigado suficientemente el efecto de la ganadería en las propiedades físicas y químicas del suelo en regiones con determinado nivel de pendiente.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar en qué medida el pasto *Pennisetum purpureum* CUBA CT-115, plantado con el método —a vuelta de arado” perpendicular a la pendiente, influye en las características físico-químicas de dos suelos que predominan en áreas ganaderas de la provincia La Habana, en Cuba.

Materiales y métodos

Características del sitio experimental

La granja Picadura, de la empresa genética del Este de La Habana, Cuba, se encuentra ubicada en las coordenadas 354 000 – 355 000 Norte y 414 000 – 418 000 Este. Su superficie es ligeramente alomada,

con pendientes entre 5 – 10%, que durante las estaciones lluviosas facilita el arrastre de suelo, con pérdida gradual de su fertilidad (Crespo, 2005).

La Unidad productiva 123 de la granja posee un área agrícola de 21.0 ha y está especializada en la producción de novillas gestantes, las que permanecen allí hasta que quedan gestadas (peso promedio de 350-400 Kg). El rebaño estaba compuesto por 75 novillas y la carga anual promedio era de 2.38 UGM/ha. Inicialmente, la composición botánica del pastizal de esta Unidad fue desfavorable, con presencia de solo 12% de pasto estrella (*C. nlemfuensis*) y predominio de otras especies de poco valor forrajero.

Procedimiento experimental

Se seleccionaron los cuarteones B₂ y B₆ de esta Unidad, situados en los cuadrantes 1 y 4 del pastizal. En los mismos predominan los suelos Pardos cálcicos carbonatados líticos en el B₂ y Pardos cálcicos carbonatados en el B₆, respectivamente (Hernández et al. 1999). El cuartón B₂ ocupó una posición más alta que el B₆ y la pendiente promedio del área fluctúa entre 5 – 8%.

El muestreo inicial del suelo Pardo cálcico carbonatado lítico (cuartón B₂) se realizó el 22/03/06, para lo cual se tomaron 3 muestras en diagonal, a las profundidades 0 – 20 y 20 – 35 cm. Por su parte, el primer muestreo en el suelo Pardo cálcico carbonatado (cuartón B₆), se realizó el 06/06/06, tomándose también 3 muestras en diagonal, pero a las profundidades 0 – 20 y 20 – 40 cm. A todas estas muestras se les determinaron la composición textural, las bases cambiables y la capacidad de cambio de bases.

Adicionalmente se tomaron muestras para determinar la densidad aparente y la humedad al momento del muestreo en las profundidades de 1 a 6 y de 15 a 20 cm en el área del Pardo cálcico carbonatado lítico y de 2 a 12 y de 21 a 31 cm en el Pardo cálcico carbonatado, debido a que en este último caso la profundidad efectiva era mayor.

Posteriormente se plantó en estas áreas el pasto *P. purpureum* vc. Cuba CT-115, especie que se amplía en los pastizales de esta granja para la formación de Bancos de biomasa. Las plantaciones se realizaron a "vuelta de arado", perpendicular a la pendiente.

Al año y medio de plantar el pasto, en la estación lluviosa del 2008, se efectuó un nuevo muestreo (de seguimiento) en ambas áreas, en 3 puntos al azar en las dos diagonales.

Las propiedades físicas analizadas y los métodos analíticos empleados fueron:

- Textura y Microestructura (NC ISO 11277, 2002)
- Humedad gravimétrica (NC 110, 2001)
- Densidad aparente (NR AG 371, 1980)
- Cationes cambiables (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺) por Acetato de amonio 1 N a pH 7.

Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante los estadígrafos de tendencia central: media (X), desviación estandar (DE+/-) y coeficiente de variación (CV) para cada profundidad en particular. Las medias fueron comparadas mediante la prueba "t de Students".

Se utilizaron los criterios de Kaurichev et al (1984), Ministerio de la Agricultura (1984) y Ministerio de la Agricultura (1985) para la interpretación de los resultados.

Resultados y discusión

En la Tabla 1 se muestra la variación de las propiedades físicas encontradas en el suelo Pardo cálcico carbonatado lítico del cuartón B₂. Teniendo en cuenta los criterios de Kaurichev et al (1984) en el primer muestreo la densidad aparente del suelo se presentó baja en la primera profundidad y media en la segunda profundidad, pero en el muestreo de seguimiento este indicador mostró valores muy bajos en las dos profundidades. Esto pudo deberse al efecto combinado de la labor de "vuelta de arado", utilizado para plantar el pasto y a la acción de la masa radicular que desarrolló esta planta durante su establecimiento.

Los estudios de Lok et al. (2010) han demostrado que el género *Pennisetum* presenta las gramíneas de mayor desarrollo radicular, comparado con otras especies comúnmente utilizadas en la ganadería cubana. Como era de esperar, la textura predominante del suelo permaneció arcillosa, antes y después de la plantación del pasto, con más de 58% de arcillas en las profundidades de 0-20 y 20-35 cm.

La humedad de este suelo fue significativamente mayor ($P < 0.05$) en la profundidad de 21 – 25 cm después de plantado el pasto, lo cual parece haber sido favorecido por la disminución que mostró su densidad aparente.

Tabla 1. Variación de las propiedades físicas del suelo Pardo cálcico carbonatado lítico (Cuartón B₂).

Profundidad, cm	Muestreo inicial				Muestreo de seguimiento				ES±
	X	Evaluación	DE	CV%	X	Evaluación	DE	CV%	
	DA, Mg/m ³				DA, Mg/m ³				
1 – 6	1.08	Baja	0.14	1.26	0.88	Muy baja	0.10	11.70	0.06*
21 - 25	1.21	Media	0.13	1.11	0.90	Muy baja	0.07	87.40	0.07*
	Textura, % (0 – 20 cm)				Textura, % (0 – 20 cm)				
Arena Limo Arcilla	10.23		0.96	9.39	21.39		4.89	22.86	2.50
	23.50		0.49	2.97	19.73		2.14	10.86	1.80
	66.22		0.78	1.19	58.87		6.29	10.68	2.80
	Textura, % (20 – 35 cm)				Textura, % (20 – 35 cm)				
Arena Limo Arcilla	9.95		4.27	42.88	17.18		1.07	6.21	2.60
	19.75		4.50	22.81	17.80		2.80	17.81	2.10
	70.29		1.42	2.02	65.01		3.87	5.95	2.40
	Humedad, %				Humedad, %				
1 – 6	27.91		9.28	3.32	40.52		7.40	18.26	3.95
21 - 25	19.60		6.06	3.08	46.94		2.94	6.26	6.82*

* $P < 0.05$

Con relación a las variaciones de las bases cambiables de este suelo antes y después de la plantación del pasto (tabla 2) se observó una ganancia significativa de Ca^{2+} en ambas profundidades, lo cual no descarta la posibilidad de que las raíces de esta planta contribuyan al aumento de este elemento en las dos profundidades estudiadas. Aunque el Ca aumentó ello no produjo una disminución del Mg^{2+} . El aumento del valor de la CIB que ocurrió en ambas profundidades después de plantar el pasto pudo haberse producido por varias causas, como son: el incremento de MO producto de la plantación del pasto, la ganancia de calcio cambiabile o la disolución de los carbonatos presentes producido por el método de extracción empleado.

Tabla 2. Variación de las Bases Cambiables en el suelo Pardo cálcico carbonatado lítico (Cuartón B₂) (Cmol(+).kg⁻¹)

BASES	Muestreo inicial				Muestreo de seguimiento				ES±
	Media	D.E	CV%	n	Media	D.E	CV%	n	
0 – 20 cm									
Ca^{2+}	41.87	1.99	4.75	3	52.39	2.37	4.52	3	2.80*
Mg^{2+}	6.40	4.11	64.25	3	3.54	2.08	58.92	3	1.10
Na^+	0.40	0.05	12.5	3	0.37	0.064	17.01	3	0.04
K^+	0.41	0.05	11.17	3	0.43	0.064	14.88	3	0.05
CIB	49.09	3.41	6.96	3	56.73	2.83	4.99	3	0.80*
20 – 40 cm									
Ca^{2+}	39.73	1.52	3.83	3	53.06	2.44	4.59	3	2.82*
Mg^{2+}	4.28	2.17	50.7	3	1.36	0.21	15.69	3	0.20
Na^+	0.35	0.05	14.29	3	0.39	0.065	16.83	3	0.05
K^+	0.37	0.07	19.15	3	0.37	0.023	6.30	3	0.01
CIB	44.73	3.79	8.47	3	55.18	2.25	4.08	3	2.90*

* $P > 0.05$

De 20 a 40 cm se verificó la ganancia en Ca^{2+} de este suelo, pero la disminución del Mg^{2+} no fue significativa, aunque difirió por la influencia variable del suelo y por la recepción parcial de este ión, proveniente del lavado de la capa superior. Por su parte, la CIB en ambas profundidades se incrementó significativamente ($P < 0.05$) después de plantar el pasto, lo cual pudo haberse atribuido a las causas indicadas para la profundidad anterior. De nuevo parece verificarse la posibilidad de que las raíces de esta planta hayan contribuido al aumento de Ca encontrado en ambas profundidades en el segundo muestreo.

Por su parte, en el suelo Pardo cálcico carbonatado del cuartón B₆ (tabla 3), la DA en las profundidades de 1 – 11 y 21 – 31 cm fue inicialmente calificada (primer muestreo) como Baja y Muy Baja respectivamente, influenciada al parecer por el elevado contenido de humedad del suelo muestreado en plena época de lluvias y a su buena estabilidad estructural. El comportamiento de este indicador no pudimos determinarlo en el segundo muestreo.

La composición textural de este suelo revela que predominan las texturas arcillosas en ambas profundidades, aunque esta fracción disminuyó y la de arena aumentó en las dos profundidades después del establecimiento del pasto, lo cual parece haberse debido a la variabilidad espacial de las muestras.

Tabla 3. Variación de las propiedades físicas en el suelo Pardo cálcico carbonatado del cuartón B₆

Profundidad, cm	Muestreo inicial				Muestreo de seguimiento				ES±
	X	Evaluación	DE	CV%	X	Evaluación	DE	CV%	
	DA, Mg/m ³				DA, Mg/m ³				
1 – 11	1.05	Baja	0.06	5.89	nd	nd	nd	nd	nd
21 - 31	0.97	Muy baja	0.11	1.18	nd	nd	nd	nd	nd
	Textura,% (0 – 20 cm)				Textura,% (0 - 20 cm)				
Arena	7.89		1.98	25.09	18.20		4.13	22.67	2.80*
Limo Arcilla	20.68		0.22	1.06	18.80		4.76	25.35	0.08
	71.43		2.19	3.09	63.00		8.83	14.01	2.20*
2.2*	Textura,% (20 – 40 cm)				Textura,% (20 – 40 cm)				
Arena	8.68		4.82	55.52	14.54		5.11	35.15	1.60*
Limo	18.26		1.84	11.32	14.31		4.49	31.39	4.20
Arcilla	75.06		6.66	8.87	71.15		9.41	13.22	1.14*

* $P < 0.05$ nd = no determinado

También en este suelo ocurrió un aumento del contenido de Ca^{2+} y de la CIB y una disminución del Mg^{2+} en ambas profundidades después de plantar el pasto (tabla 4). Los demás cationes no mostraron un comportamiento claro.

Tabla 4. Variación de las Bases Cambiables en el suelo Pardo cálcico carbonatado del cuartón B₆ (Cmol (+).kg⁻¹)

BASES	Muestreo inicial				Muestreo de seguimiento				ES±
	Media	DE	CV%	n	Media	DE	CV%	n	
0 – 20 cm									
Ca ²⁺	41.87	1.99	4.75	3	52.39	2.37	4.52	3	2.9*
Mg ²⁺	6.40	4.11	64.25	3	3.54	2.08	58.92	3	0.80*
Na ⁺	0.40	0.05	12.5	3	0.37	0.064	17.01	3	0.20
K ⁺	0.41	0.05	11.17	3	0.43	0.064	14.88	3	0.05
CIB	49.09	3.41	6.96	3	56.73	2.83	4.99	3	2.10*
20 – 40 cm									
Ca ²⁺	39.73	1.52	3.83	3	53.06	2.44	4.59	3	2.80*
Mg ²⁺	4.28	2.17	50.7	3	1.36	0.21	15.69	3	0.62*
Na ⁺	0.35	0.05	14.29	3	0.39	0.065	16.83	3	0.21
K ⁺	0.37	0.07	19.15	3	0.37	0.023	6.30	3	0.01
CIB	44.73	3.79	8.47	3	55.18	2.25	4.08	3	2.75*

* P < 0.05

Los resultados encontrados en los dos suelos Pardos de esta vaquería sugieren que la plantación —auelta de arado” del pasto CT-115 aumentó la CIB del mismo, con un posible aporte del ión Ca²⁺. Se comprobó el movimiento de iones a través del perfil en ambos suelos, lo cual constituye un índice de mejora de la permeabilidad de los mismos. También la densidad aparente mejoró inmediatamente después de plantar el pasto. Todos estos resultados resultan beneficiosos en la disminución de la erosión de ambos suelos en la Unidad de producción estudiada.

Literatura Citada

- CRESPO, G. (2005). Evaluación y rescate de la fertilidad de los suelos y la producción de biomasa en una granja ganadera de La Habana. Informe Final de Proyecto de Investigación. Programa Ramal de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, Cuba. 78 p.
- CRESPO, G. (2010). Mejoramiento de la fertilidad de los suelos de regiones ganaderas de Cuba por métodos sostenibles. Informe Final de Proyecto de Investigación. Programa Ramal de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, Cuba. 80 p.
- ERNST, W.H.O. (2004). Vegetation, organic matter and soil quality. *Developments in Soil Science*, 29:41.
- HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J.M., BOSCH, D., RIVERO, L., CAMACHO, E., RUIS, J., JAIMEZ, E., MARZÁN, P. y OTROS. (1999). En: Nueva versión de clasificación de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos, MINAGRI, C. de La Habana, Cuba, 64p.
- KAURICHEV, I.S., PANOV, N.P., STRATANOVICH, M.V. y otros. (1984). *Prácticas de Edafología*. Editorial MIR, Moscú. 269p.
- LOK, SANDRA. (2006). Estudio y selección de indicadores de la estabilidad en el sistema suelo-planta de pastizales en explotación. Resumen de Propuesta a Premio CITMA Provincial, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 11 p.
- LOK, SANDRA., CRESPO, G., VALENCIAGA, D., LA O, O, TORRES, V, FRAGA, S. y NODA, A. (2010). Impacto de la tecnología de banco de biomasa del CT-115 en el sistema suelo-pasto-animal. *Rev. Cubana de Cienc. Agrícola*. 43:297
- MINISTERIO DE LA AGRICULTURA. DIRECCIÓN DE SUELOS Y FERTILIZANTES (1984). Manual de interpretación de los índices Físicos-Químicos y morfológicos de los suelos cubanos. Edit. Científico Técnica. Ciudad de La Habana, 136 p.

- MINISTERIO DE LA AGRICULTURA. DIRECCIÓN NACIONAL DE SUELOS Y FERTILIZANTES (1985). Suelos de la provincia de La Habana según el Mapa 1:50 000. Edit. Científico Técnica. Ciudad de La Habana, 191 p.
- NC 110 (2001). Calidad del Suelo. Determinación de la Humedad del Suelo – Método Gravimétrico. 3 p.
- NC ISO 11277 (2002). Calidad del Suelo – determinación de la distribución del tamaño de partículas en materiales de los suelos minerales. Método por tamizado de partículas en materiales de los suelos minerales. 34 p.
- NRAG 371:80 (1980). Suelos. Densidad Aparente o Peso Volumétrico. Determinación, p. 4 – 8.
- NUNES CARVALHO, J. L. N., SILVA RUSI, G., CERRI, C. E. P. & NERNOUX, M. (2010). Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil and Tillage Research*. 110:175.
- RODRÍGUEZ, IDALMIS. (2004). Evaluación del impacto de los sistemas ganaderos actuales en el recurso suelo en la provincia La Habana. Informe Final de Proyecto de Investigación. Programa de Recursos Naturales, Ministerio de Agricultura, Cuba. 80 p.

EFFECTO RESIDUAL DE LA APLICACIÓN DE LOMBRICOMPOSTA EN CEBADA *Hordeumvulgare L.*

González Salgado Martha Elba¹ Galicia Palacios María del Socorro²

¹Colegio de Ciencias y Humanidades P. Azcapotzalco, UNAM mgsalgado@yahoo.com, ²Facultad de Ciencias, Laboratorio de Edafología. Nicolás Aguilera. UNAM maryso57@yahoo.com.mx

Resumen

En un área de 120 m² fueron trabajados 12 lotes. Se aplicó lombricomposta hace un año y se sembró cebada con tres repeticiones, para valorar el efecto residual en el crecimiento y desarrollo del cultivo. Fueron determinadas algunas características del suelo: pH con H₂O, % de C_{total}, % de N_{total}, P disponible, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ y K⁺ intercambiables. Se evaluaron tres parámetros por semana de una muestra de 10 plantas por lote. A los 70 días del crecimiento de la especie se hizo el muestreo de hojas para el análisis de clorofilas, se determinó la clorofila a, b, y carotenos, por colorimetría y la observación de cloroplastos al microscopio óptico (400 X, 1 000 X). Al analizar el efecto residual de la lombricomposta en el suelo se encontró que el pH disminuye, el contenido de C aumenta a 5 g C/kg de suelo, el N_{total} con valores bajos de 1 g/kg. Al hacer el análisis químico de la lombricomposta presenta un contenido extremadamente alto de N_{total} con 8.2 g N/kg. El Ca⁺⁺ intercambiable es muy alto 70.56 cmol₊/kg, el K⁺ con 2.14 cmol₊/kg y el Mg⁺⁺ con bajo contenido 3.65 cmol₊/kg. Se concluye que al aplicar la lombricomposta al suelo en el primer año sólo el contenido de C aumentó en 5 g/kg, produjo un efecto residual benéfico en el suelo de 13.89 g C/kg. El Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ intercambiables aumentaron y el P disminuyó, posiblemente fue utilizado en el crecimiento y desarrollo de la cebada. Estas características químicas del suelo favorecieron la germinación promedio de la cebada en un 67 %. El promedio máximo de aprendizaje de fotosíntesis por 70 estudiantes fue 7 con una eficiencia de aprendizaje 33.9 % con respecto al examen diagnóstico inicial.

Palabras clave: *Fertilidad del suelo, mejoramiento del suelo, eficiencia de aprendizaje.*

Abstract

In an area of 120 square meters, 12 plots were worked upon. Worm compost was applied a year ago and was sown barley three times to review the residual effect of its growth and development. Some of the soil's features were determined: pH with H₂O, percentage of C_{total}, percentage of N_{total}, available P, as well as exchangeable Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ and K⁺, 3 parameters were tested each week from a sample of 10 plants for plot. On day 70 of the species growth leaf sampling was performed for chlorophyll analysis, a, b, and carotenenes were also determined by colorimetric methods as well as chloroplast observation by means of an optic microscope (400 X, 1000 X). During the residual effect analysis of the soil's worm compost, pH was found to have decreased, C contents increased to 5 g/kg of soil, N_{total} had low values of 1 g/kg. By doing the chemical analysis of the worm compost, an extremely high content of Nt with 8.2 g/kg. The exchangeable Ca⁺⁺ was very high 70.56 cmol₊/kg, K⁺ with 2.14 cmol₊/kg and Mg⁺⁺ with low content 3.65 cmol₊/kg. In conclusion, by applying worm compost to the soil, C increased by 5 g/kg. The exchangeable Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺ increased as P decreased, possibly used up in for growth and development of the barley. These soil chemical features allowed an improved average sprouting of barley as high as 67 %. Maximum average learning of photosynthesis in 70 students was 7 and a learning efficiency of 33.9 % based on the initial diagnostic test.

Keywords: *Soil fertility, soil improvement, learning efficiency.*

Introducción

La aplicación de la Investigación Experimental de Campo contribuye en la formación de los estudiantes de bachillerato, porque favorece el desarrollo de sus habilidades cognitivas, actitudes y valores para la obtención, comprobación y comunicación del conocimiento, también como propósito educativo en el desarrollo de una investigación experimental, que facilita a los estudiantes una mayor comprensión sobre algunas características químicas del suelo en relación con el proceso fotosintético.

La lombricultura convierte los desperdicios orgánicos generados por el hombre en abono orgánico, para incrementar su valor y convertirlos en productos útiles a través del lombricompostaje, en este proceso las lombrices consumen los residuos, aceleran la descomposición de la materia orgánica (MO), modifican las propiedades físicas y químicas de los residuos orgánicos, a través de la transformación de la MO inestable, que es oxidada, estabilizada y favorece la producción de proteína vegetal y animal (Atiyeh, 2000a). La acción de las lombrices en el proceso de lombricompostaje es de tipo físico mecánico incluye aireación mezclado de molienda de sustrato, y bioquímico realizado por la descomposición microbiana del sustrato en el intestino de las lombrices, que influye sobre el crecimiento de las plantas y aceleran el proceso de humificación. La lombricomposta aumenta la fertilidad del suelo y es aprovechada en el crecimiento (Edwards, 1998, Ndegwa, *et al.*, 2000). En México se utilizan *Eiseniafoetida*, *Eudrilluseugeniae*, *Periconixexcavatus* y *Eiseniaandrei* Bouché citado por (Martínez, 2000). Es una actividad que permite perfeccionar los sistemas de producción agropecuaria, obtiene un impacto positivo ambiental, social y económico (Mondragón *et al.*, 2010). La lombricomposta tiene elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma gradual y para asimilarse por las raíces. Presenta una elevada CIC debido a que en su estructura contiene carbonilos, hidróxilos fenólicos y alcohólicos (Pereira y Zezzi-Arruda, 2004). Su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas contra las plagas y enfermedades.

Objetivo

Evaluar el efecto residual de la aplicación de lombricomposta en el suelo y su efecto en el crecimiento y desarrollo de la cebada.

Método

En un área de 120 m² en 12 lotes se cultivó cebada con tres repeticiones. Se aplicó lombricomposta hace un año y se sembró cebada para valorar el efecto residual en crecimiento y desarrollo. Antes y después de la aplicación de la lombricomposta al suelo, y en la lombricomposta fue determinado el pH con agua en relación 1:2.5, el % C_{total} por el método de Walkley y Black, % de N_{total} por método de Kjeldahl, bases intercambiables con acetato de amonio y fósforo disponible por Bray I. Page, 1982.

Fueron evaluados tres parámetros semanalmente en muestras de 10 plantas por lote. Se determinan las clorofilas a, b y carotenos por colorimetría (Collazo *et al.*, 2006). Se realiza el análisis estadístico con el programa Statística versión 6.

Resultados y Discusión

Cuadro 1. Análisis químico de suelo, para valorar el efecto residual en el cultivo de cebada

	pH	C	N	C/N	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca/Mg	P ₂ O ₅
CEBADA	1,2,5	g/Kg	g/Kg		cmol/Kg	cmol/Kg	cmol/Kg	cmol/Kg		mg/kg
Lombricomposta	8.2	13.89	8.2	1.69	70.76	3.65	3.37	21.4	19.33	16 440
Testigo	7.53	20.56	2.1	9.65	15.71	5.33	0.63	1.22	2.98	81.36
	7	25.7	1.1	23.36	20.58	8.88	0.66	1.69	2.35	36.86
	7	25.7	1.1	23.36	17.11	10.66	0.52	1.84	2.4	38.25
	7.9	25.52	1	25.52	16	10.66	0.52	1.49	2.4	37.06
Testigo	7.8	18.3	1.93	9.43	9.84	12.1	0.68	1.02	0.45	64.75
	7	25.52	1	25.52	16	6.22	0.61	1.49	2.57	31.31
	7.7	21.8	1	21.8	14.22	6.22	0.52	1.14	2.28	31.5
	7.4	21.8	0.9	24.22	15.11	4.88	0.61	1.39	3.09	37.26
Testigo	6.96	22.4	1.96	11.41	14.02	13.74	0.84	0.87	1.01	70.28
	7.8	21.8	0.9	24.22	15.22	11.55	0.61	0.86	3.34	33.69
	7.7	18	1	18.1	15.55	4.55	0.61	0.89	3.88	44.39
	7.5	17.8	0.8	22.25	15.55	4.88	0.57	1.14	3.18	34.68
Testigo	7.9	16.36	1.83	8.43	14.31	11.67	0.68	1.26	1.25	68.23
	6.4	25.52	1.1	23.2	12.44	11.11	0.61	1.54	2.07	37.85
	7.1	19.77	1	19.77	15.11	6	0.57	1.84	2.73	39.83
	8	21.63	1	21.63	16	8	0.75	1.31	2	34.08

En el Cuadro 1 se muestran algunas características químicas de la lombricomposta, con un pH alcalino de 8.2 (Jones and Wolf, 1984), con un contenido bajo de C_{total} , la relación C/N muy baja, por el alto contenido de N_{total} de 8.2 g/kg. El Ca^{++} intercambiable es muy alto de 70.56 cmol/kg, El Mg^{++} y Na^{+} intercambiables están en concentraciones bajas y el K^{+} con 21.4 cmol/kg con valor medio (Etchevers, *et al.*, 1971). La relación Ca^{++}/Mg^{++} está en rango óptimo para los cultivos (Landon, 1984). Con un alto contenido de P_2O_5 (CSTPA, 1980).

El suelo antes de la aplicación de la lombricomposta el pH con H_2O es ligeramente neutro a ligeramente alcalino, el contenido de C varía de 16.36 a 22.4 g C/kg de suelo. El N_{total} medianamente rico, con una relación de C/N óptima de 8.43 a 9.65, el Ca^{++} y Mg^{++} intercambiables con valores medios (Etchevers, *et al.*, 1971). Con una relación Ca^{++}/Mg^{++} adecuada para los cultivos. El P disponible en el suelo tiene valores muy altos de 68.23 a 81.23 mg/kg (CSTPA, 1980, Landon, 1984). Al aplicar lombricomposta al suelo después de un año el contenido de C_{total} Ca^{++} y K^{+} intercambiables aumentan, la relación C/N es muy alta debido al aporte del C_{total} (Moreno 1978). La lombricomposta aporta al suelo Ca^{++} intercambiable con valores muy altos de 12.44 a 20.58 cmol/kg por lo que la relación Ca^{++}/Mg^{++} aumenta ligeramente, sin embargo el Mg^{++} intercambiable disminuyó, debido probablemente a que fue absorbido por la cebada, o lixiviado debido a la textura limo arenosa. El P disminuye en el suelo debido a que fue tomado por la planta. El aprendizaje de los estudiantes en fotosíntesis fue 7, con una eficiencia del 33.9 %.

% de germinación en cebada por grupo

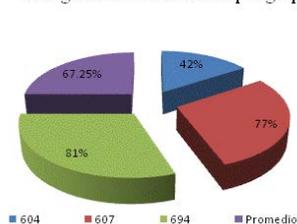


Figura 1. El 67.25 % de germinación en cebada

Cuadro 2. Medición de los parámetros a los 21 días en la cebada

% Germinación	68	57	73	70	67
Número de Hojas	4	3	3	4	4
Longitud Total (cm)	50	26	32	34	36

En el Cuadro 2, Figura 1 y 2 se observan los promedios de la medición de 120 plantas de cebada a los 21 días, el efecto residual de la lombricomposta en la germinación es de 67 %, con 4 hojas y una longitud total de 36 cm.

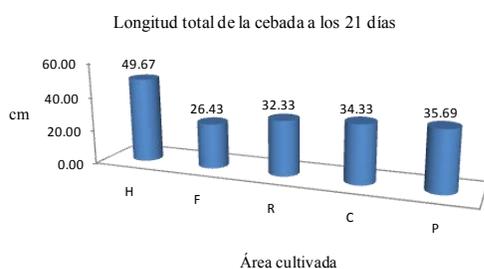


Figura 2. Efecto residual de la lombricomposta en la longitud total de la cebada.

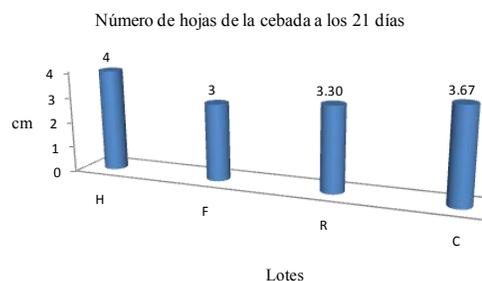


Figura 3. Efecto residual de la lombricomposta en el número de hojas en la cebada.

En la Figura 3 se observan los beneficios del efecto residual en los parámetros medidos. A los 21 días la longitud total es de 17.8 cm, con un número de hojas de 5 cm y el largo de la hoja de 15 cm y con ancho de hoja de 0.43 cm.

Cuadro 3. Determinación de clorofilas en cebada

Clorofila a	Clorofila b	Carotenos
2.7607	1.6328	0.6067
2.264	0.8965	0.9699
2.5089	1.3978	0.6855
1.883	1.0369	0.6329

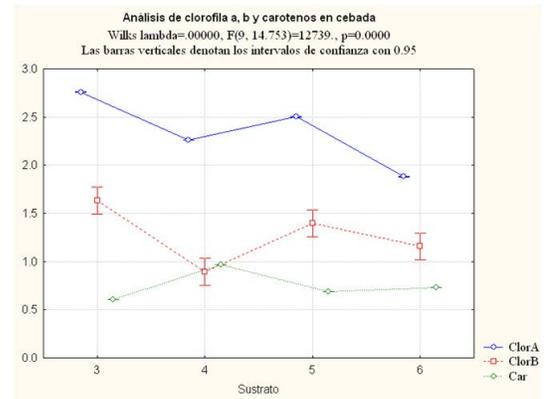


Figura 4. Concentración de clorofilas a, b y carotenos

En el Cuadro 3 y Figura 4 se muestran los resultados de la clorofila a, b y carotenos expresados en g/l. El ANOVA y la prueba de Duncan demuestran la diferencia significativa del contenido mayor de la clorofila en relación con la clorofila b y carotenos, con los valores de las medias promedio de clorofila a 2.3521 > clorofila b 1.2399 > carotenos 0.7481 mg/l.

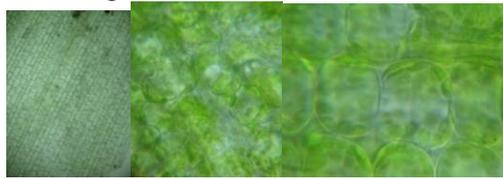


Figura 5. Cloroplastos de cebada: 100 X, 400 X y 1 000

Cuadro 4. Efecto residual de lombricomposta en el % de viabilidad de la cebada

Efecto residual	8	11	15	24	Promedio
Testigo	73	37	66	49	56.25
Lombricomposta	81	48	81	73	70.75



Figura 6. Cebada. A, peso seco B espigas.

En el Cuadro 4 se muestra el % de viabilidad de la cebada para el testigo es 56 % y al aplicar lombricomposta aumentó a 70.75 % y el efecto residual después de la aplicación de lombricomposta anual es 14.5 %. En la Figura 5 se observa al microscopio fotónico el tejido fotosintético a tres aumentos, donde se diferencia la distribución y número de cloroplastos por célula. En la Figura 6 se muestra el crecimiento y desarrollo de las espigas de la cebada. La mayor eficiencia de aprendizaje en fotosíntesis es (39.5 %), la obtuvo el grupo 607 y el máximo promedio de 7 lo obtuvo el grupo de estudiantes 604, este grupo alcanzó 3.7 en el examen inicial como la más alta calificación.

Conclusiones

El efecto residual de la lombricomposta después de aplicarla al suelo en el primer año el contenido de C aumenta 4.5 g/kg, el Ca^{++} y el K^{+} intercambiables también aumentan, la relación C/N se eleva debido al mayor contenido de C_{total} , el pH y el Nt disminuyen ligeramente, además de mejorar la estructura del suelo hay mayor retención de humedad. El contenido de Mg^{++} disminuyó debido a que fue asimilado para favorecer el proceso fotosintético. Estas características favorecieron en un 67 % en la germinación, crecimiento y desarrollo de la cebada. El efecto benéfico de la lombricomposta fue de 15 % en el suelo de Azcapotzalco. El promedio de la medición de 120 plantas a los 21 días de la cebada presenta una longitud

total de 17.8 cm, con un número de hojas de 4, largo de hoja de 15 cm y con el ancho de hoja de 0.43 cm. Con respecto al contenido de clorofilas la prueba de Duncan determina la diferencia significativa entre los tres tipos de pigmento y predomina la clorofila a > clorofila b > los carotenos.

El aprendizaje inicial promedio de fotosíntesis fue 31.7 %, la aplicación de la investigación experimental facilitó la eficiencia del aprendizaje 33.9 % con 70 estudiantes, con respecto al diagnóstico inicial. La viabilidad de la cebada para el testigo fue 56 %. Al aplicar lombricomposta aumentó a 71 % y el efecto residual después de la aplicación de lombricomposta anual es 15 %.

Agradecimientos

Al proyecto PAPIME UNAM PE 208510 por las facilidades para realizar este trabajo.

Al Dr. David Flores Román Investigador del Instituto de Geología, por su asesoría en el desarrollo de la investigación.

Literatura Citada

- Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards, and J. D. Metzger. 2000a. Influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75: 175-180.
- CSTPA, 1980. Handbook on reference methods for soil testing (Revised edition). Concil Soils testing and plant analysis. Athens Georgia, USA.
- GarcíaRodés, R. M. Collazo Ortega, 2006. Manual de prácticas de Fotosíntesis. Prensa de Ciencias UNAM 160.
- Martínez, C.C. 2000. Lombricultura alternativa en la agricultura sustentable. En: Martínez, C. C.; Ramírez, F. (copiladores). *Lombricultura Técnica Mexicana*. 135-153.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y ASOCIACIÓN DE CHILE JALAPEÑO (*Capsicum annum*) Y CEBOLLA (*Allium cepa*)

Mendoza-Núñez, José Alfredo¹, Álvarez-Solís, José David, Castellanos-Albores, Jorge, Gutiérrez-Miceli, Federico Antonio, León-Martínez, Noé Samuel

El Colegio de la Frontera Sur. Carretera panamericana y periférico sur S/No. B. Ma. Auxiliadora. San Cristóbal de las Casas. Chiapas. México. ¹ jmendozan@ecosur.mx

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto de la aplicación de abonos orgánicos y la asociación de cultivos en chile jalapeño y cebolla, se evaluaron las variables de respiración microbiana, biomasa microbiana, fosfatasa ácida y alcalina, así como el índice equivalente de tierra (ITE). Se estableció un experimento bajo las condiciones de Santa Rosa el Oriente, La Trinitaria, Chiapas, con participación de productores locales. Se evaluaron seis tratamientos, en chile jalapeño (*Capsicum annum*) y cebolla (*Allium cepa*), que consideran el tipo de fertilización (sin fertilización, con bocashi y con bocashi + lixiviado de humus de lombriz), así como la asociación de cultivos (en monocultivo y asociados), bajo un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones, los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias Tukey ($P < 0.05$) con el programa estadístico SPSS V.15. Los resultados mostraron un incremento de la respiración microbiana, biomasa microbiana, fosfatasa ácida y básica, con la aplicación de bocashi, sin embargo, no hubo diferencia significativa para la fosfatasa básica. El ITE fue superior a 1 en todos los casos, sin diferenciar entre tratamientos, por lo tanto la asociación de estos cultivos y la aplicación de abonos orgánicos favorecieron el uso eficiente del suelo.

Palabras clave: Fertilización orgánica, unidad de tierra equivalente, asociación.

Abstract

In order to evaluate the effect of applying organic fertilizer and intercropping on the chilli peper and onion culture, were evaluated the variables of microbial respiration, microbial biomass, acid and alkaline phosphatase and the land equivalent ratio (ITE). The experiment was established under field conditions at Santa Rosa de Oriente, La Trinitaria, Chiapas, with the participation of local producers. We evaluated six treatments, in chili peper (*Capsicum annum*) and onion (*Allium cepa*), that consider the type of fertilization (no fertilizer, with bocashi and bocashi + vermicompost leachate) as well as the association of crops (monoculture and polyculture) under a split plot design in randomized blocks with four replications, data were analyzed using analysis of variance and Tukey ($P < 0.05$) mean comparison with the statistical program SPSS V.15. The results showed an increase in microbial respiration, microbial biomass and acid and alkaline phosphatase with the application of bocashi, although there was not a significant difference for alkaline phosphatase activity. The ITE was greater than 1 in all treatments, without differentiating between treatments, showing that the association of crops and organic fertilizer application facilitated the efficient use of soil.

Key words: organic fertilization, land unit equivalent, association.

Introducción

En la práctica de la agricultura orgánica la adición de abonos orgánicos es de suma importancia. Los efectos que generan el uso de abonos orgánicos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, puede verse reflejado en la nutrición y rendimiento de los cultivos (Caballero, 1999). Se conoce que la adición de abonos orgánicos incrementa la cantidad de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes (Hernández *et al.*, 2008, Sinaj *et al.*, 2000), la biomasa microbiana (Romero *et al.*, 2000) y la actividad enzimática del suelo (Petruzzelli *et al.*, 1989).

Otra de las técnicas utilizadas en la agricultura orgánica es la asociación de cultivos, la cual es un sistema de producción donde se cultivan dos o más especies en un mismo terreno. Esta práctica reduce el riesgo de pérdida total, mejora el uso de los recursos, proporciona protección contra plagas y enfermedades, provee

estabilidad y la administración adecuada del trabajo durante todo el año (Vandermeer, 1990, Gómez y Zavaleta, 2001). Una forma de conocer el beneficio o limitación de la asociación de cultivos en la producción es la medición de la unidad o índice equivalente de tierra (IET), el cual se define como el área de terreno en un cultivo que se necesita para obtener la misma producción que en la asociación (Willey y Rao, 1980).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación de abono orgánico (Bocashi) y su complementación foliar (Lixiviado de humus de lombriz) en la biomasa microbiana, respiración microbiana, actividad de fosfatasa ácida y alcalina, así como el índice equivalente de tierra (IET) de la producción y asociación de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) y cebolla (*Allium cepa*).

Materiales y Métodos

El estudio se realizó durante el ciclo invierno-primavera de 2010-2011, en la comunidad de Santa Rosa de Oriente, municipio de La Trinitaria, Chiapas, ubicada a 16°08'10" N y 91°40'27" O, a 1407 msnm. El relieve es montañoso en donde las rocas predominantes son las calizas que dan origen a fenómenos cársticos. El suelo corresponde a un Leptosol réndzico con pedregosidad superficial, escasa profundidad y pendiente pronunciada. La vegetación predominante corresponde a bosque de pino – encino.

Se estableció una parcela experimental de 25.5 m X 26.4 m. con un diseño de parcelas divididas en bloques al azar con cuatro repeticiones, en el cual la parcela grande correspondió al tipo de abono (Bocashi, Bocashi +foliar y sin abono) y la parcela chica a la asociación (Chile + Cebolla). El abono orgánico se aplicó a 10 cm de profundidad con una dosis de 10 kg/m², en una sola aplicación, mientras el foliar fue de 0.1 L /m² cada 10 días. Para evaluar el efecto de la fertilización orgánica se realizó a los 63 días después del trasplante, la recolección de una muestra de suelo tomada a 20 cm de profundidad. Se determinó la respiración microbiana (Stotzky, 1965), biomasa microbiana por el método de fumigación-incubación (Jenkinson y Powlson, 1976) y fosfatasas ácida y alcalina (Tabatabai y Bremner, 1969).

Para calcular el índice equivalente de tierra (IET) se dividió los rendimientos de los cultivos en la asociación entre sus monocultivos y se sumó los rendimientos parciales (Hernández *et al.*, 1999). Con un IET>1 el policultivo es ventajoso. Con un IET=1 es indiferente el modo de siembra. Mientras que IET<1 el monocultivo supera al policultivo.

Los datos colectados fueron analizados mediante análisis de varianza para un diseño de parcelas divididas y comparación de medias mediante la prueba de Tukey (P<0.05), con el paquete estadístico SPSS V.15.

Resultados y Discusión

La respiración microbiana en el caso de chile jalapeño, fue afectada por la asociación, pues se encontraron los valores más altos en los tratamientos sin asociación, pero se vio favorecida por el abono orgánico, ya que presentó un incremento del 56.04%. Para el caso de la cebolla, no se observó un efecto significativo de la asociación pero sí de la aplicación de bocashi, observando un incremento de 58.06%. Los resultados encontrados para respiración microbiana son aún mayores a los encontrados en condiciones de suelos con diferente manejo (Álvarez y Anzueto, 2004, Ikkonen *et al.*, 2004).

La biomasa microbiana tuvo un incremento de 60.15 % con la aplicación de bocashi, en el caso del chile jalapeño y de 64.51 % para el caso de la cebolla, no se observó un efecto significativo por la asociación y tampoco se vio afectada por la misma. Estos resultados están dentro del rango reportado en diferentes condiciones de suelo (Gili *et al.*, 2009, Álvarez *et al.*, 2010a).

Las actividades de fosfatasa ácida y básica, al igual que las variables anteriores, presentaron un incremento al aplicar abono orgánico, en el caso de chile jalapeño el incremento observado fue de 71.60% y 74.02 %, respectivamente; para cebolla el incremento fue de 36.50% para fosfatasa ácida y 49.36% en fosfatasa básica. Estos resultados concuerdan con el rango reportado por Fernández *et al.* (2008), tanto para fosfatasa alcalina como ácida, pero la actividad de la fosfatasa básica es menor a lo reportado por Deng y Tabatabai (1997), el cual va de 60 a 240 mg de PNP/kg de suelo, esto puede ser debido a que la actividad enzimática es mayor cuando la aplicación de la enmienda orgánica es reciente, y en este caso la muestra se tomó 63 días después de la aplicación del abono.

Se observó en la mayoría de las variables evaluadas, que no existen diferencias entre los tratamientos de bocashi y bocashi+ foliar, pero si con el tratamiento sin abono. Existen evidencias de que la aplicación de bocashi al suelo incrementa la cantidad de materia orgánica y la actividad biológica del suelo. Estudios realizados con maíz, muestran resultados positivos en la actividad enzimática y biomasa microbiana con la aplicación de abono orgánico (Álvarez *et al.*, 2010 b), asimismo, la biomasa microbiana en el cultivo de papa se vio incrementada con la aplicación de abonos orgánicos (Romero *et al.*, 2000), y la aplicación materia orgánica en tepetate incrementó la respiración microbiana (Matías *et al.*, 1992).

Cuadro 1. Variables de la actividad biológica del suelo

Fertilización	Asociación	Respiración (mg de CO ₂ /25 g de suelo)	Biomasa microbiana mg CO ₂ /25 g de suelo	Fosfatasa ácida (µg PNP g-1)	Fosfatasa alcalina (µg PNP g- 1)
Chile Jalapeño					
Bocashi (1)	sin	9.05 ab	40.54 ab	33.29 a	15.31 a
	con	6.72 ab	53.65 a	30.73 ab	23.07 a
1+Foliar	sin	11.76 ab	41.91 ab	28.93 ab	22.43 a
	con	10.28 ab	38.92 ab	34.26 a	19.37 a
Sin abono	sin	5.17 b	21.38 b	9.73 c	14.65 a
	con	9.82 ab	21.58 b	15.15 bc	14.76 a
Cebolla					
Bocashi (1)	sin	10.11 a	44.97 a	33.90 a	29.15 a
	con	7.50 ab	53.65 a	30.73 ab	23.07 a
1+Foliar	sin	9.06 a	40.94 ab	31.62 ab	22.90 a
	con	9.76 a	38.92 ab	34.26 a	19.37 a
Sin abono	sin	4.24 b	19.04 b	8.90 c	17.76 a
	con	5.69 ab	21.58 b	15.15 bc	14.76 a

¹ Medias en columnas con la misma letra no difieren significativamente (p<0.05)

El Cuadro 2 muestra los resultados del índice equivalente de tierra (IET) para la asociación de chile jalapeño y cebolla con los diferentes tratamientos. En todos los casos el IET fue mayor a uno, lo cual demuestra que hay un uso más eficiente del suelo en la asociación que en el monocultivo. Estos resultados coinciden con estudios realizados con frijol-girasol (Pérez *et al.*, 2004), con garbanzo-maíz (Delgado, 2002), y la asociación maíz-col con un IET de 1.27 (Galicia, 1999). En todos los casos la asociación presenta mayor eficiencia en el uso del suelo que en los monocultivos.

El efecto de los abonos orgánicos en el IET fue similar en el monocultivo y en la asociación, es decir, no hubo interacción significativa entre ambos factores. Esto sugiere que no se presentó competencia por nutrientes entre las plantas. La competencia por debajo del suelo se ve reducida cuando existe fertilización (Cahill, 1999), por lo que se puede inferir que las interacciones en un sistema asociado dependen de la calidad y cantidad de la fertilización, y en este caso la dosis de aplicación de bocashi fue suficiente para satisfacer la demanda nutricional de ambos cultivos. Wilson y Tilman (1991) encontraron diferente respuesta en la competencia entre plantas en función de la cantidad de nitrógeno disponible; en adición se ha demostrado que la asociación de cultivos mejora la absorción de nutrientes en las plantas (Akthar *et al.*, 2010), lo cual puede verse reflejado en los rendimientos.

Cuadro 2. Índice equivalente de tierra para chile jalapeño y cebolla con distintos tratamientos.

Fertilización	Asociación	Chile Jalapeño	Cebolla	IET
Bocashi	Chile+Cebolla	0.98 a ¹	0.76 a	1.74 a
bocashi+foliar	Chile+Cebolla	0.56 a	0.75 a	1.31 a
Control	Chile+Cebolla	0.70 a	0.90 a	1.60 a

¹ Medias en columnas con la misma letra no difieren significativamente (p<0.05)

Conclusión

La fertilización orgánica con bocashi incrementó la biomasa microbiana, la respiración microbiana, la actividad de fosfatasa ácida y alcalina, así como el índice equivalente de tierra (IET), tanto en chile jalapeño como en cebolla.

No se observó un efecto significativo de la asociación de cultivos ni de la aplicación del lixiviado de humus en la mayoría de las variables.

Los valores de IET mostraron una ventaja de la asociación sobre el monocultivo en el uso del suelo, independientemente del tipo de fertilización, lo cual sugiere que la asociación de chile jalapeño y cebolla es una opción viable para los productores.

Literatura Citada

- Akthar, M., M. Yaqub, Z. Iqbal, M.Y. Ashraf, J. Akhter and F. Hussain. 2010. Improvement in yield and nutrient uptake by cocropping of wheat and chickpea. *Pak. J. Bot.*, 42: 4043-4049
- Álvarez S., J.D. y M.J. Anzueto. 2004. Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*. 38: 13-22.
- Álvarez S., J.D., D.A. Gómez, N.S. León y F.A. Gutiérrez. 2010 b. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*. 44: 575-586.
- Álvarez S., J.D., E. Díaz, N.S. León y J. Guillén. 2010 a. Enmiendas orgánicas y actividad metabólica del suelo en el rendimiento de maíz. *Terra Latinoamericana*. 28: 239-245.
- Cahill J.F. 1999. Fertilization effects on interactions between above- and below-ground competition in an old field. *Ecology*. 80:466-480.
- Deng S.P. and M.A. Tabatabai. Effect of tillage and residue management on enzyme activities in soils:III. Phosphatases and arylsulfatase. *Biol. Fertility Soils*.24: 141-146.
- Echeverry E. 2001. Organic vs inorganic fertilization in Cachaco plantain in Colombia. *INFOMUSA*. 10: 7-10.
- Elizondo J.A. 2007. Producción y calidad de la biomasa de morera (*Morus alba*) fertilizada con diferentes abonos. *Agronomía mesoamericana*. 18: 255-261.
- Fernández L.A., M.A. Sagardo y M.A. Gómez. 2008. Estudio de la fosfatasa ácida y alcalina en suelos de la región pampeana norte del área sojera argentina. *CI. Suelo*. 26: 35-40.
- Galicia C.R. 1999. Evaluación Agroecológica de tres asociaciones de maíz (*Zea mays* L.) con brócoli (*Brassica oleracea* L. Var Italica), Coliflor (*Brassica oleracea* L. Var. Botrytis) y col de bruselas (*Brassica oleracea* L. Var. Gemnifera) utilizando la técnica de surco doble de maíz, bajo condiciones de la aldea El Rancho Chiantla, Huehuetenango. Tesis de licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 58 p.
- Gili P., C. Aruani, P. Reeb y E. Aun. 2009. Cambios biológico en suelos fertilizados con nitrógeno cultivados con manzano en alto valle de río Negro. *CI. Suelo*. 27: 209-216.
- Gómez O. y E. Zavaleta. 2001. La asociación de cultivos una estrategia más para el manejo de enfermedades en particular con tagetes spp. *Revista de Fitopatología*. 19: 94-99.
- Hernández A., R. Ramos y J. Sánchez. 1999. Distribución espacial y temporal en el policultivo yuca-frijol: uso equivalente de la tierra. *Agronomía mesoamericana*. 10: 63-66.

- Hernández G.I., S. Salgado, D. Palma, L. Lagunes, M. Castelán y O. Ruiz. 2008. Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. *Interciencia*. 33: 855-860.
- Ikkonen E., A. Cervantes, E. García y E. Norma. Producción de CO₂ en Andosoles afectados por incendios forestales en el parque nacional El Chico, Hidalgo. *Terra Latinoamericana*. 22: 425-431.
- Jenkinson D.S. and D.S. Powlson. 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil V. A method for measuring soil biomass. *Soil biology and biochemistry*. 8: 209-213.
- Matias S., R. Ferrera y C. Zebrowski. 1992. Respiración microbiana como un indicador de la fertilidad de los suelos agrícolas y tepetates en el Estado de Tlaxcala. *Terra*. 10: 425-429.
- Orozco, M. 2006. Fomento de la agricultura sostenible mediante el establecimiento de un sistema de garantías de calidad en los procesos productivos y de la comunicación a los consumidores aplicación a la agricultura mexicana. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. 371 p.
- Pérez G., I. Esteveao, P. Cesar y G. Damba. 2004. Evaluación de asociaciones de cultivo en rotación: frijol girasol y boniato-maíz. *Centro agrícola*. SV: 84-87.
- Petruzzelli G., L. Lumbrano and G. Guidi. 1989. Uptake by corn and chemical extractibility of heavy metals from a four year compost treated soil. *Plant and soil*. 116: 23-27.
- Romero M.R., A. Trinidad, R. García y R. Ferrera. 2000. Producción de papa y biomasa microbiana en suelo con abono orgánico y mineral. *Agrociencia*. 34: 261-269.
- Ruiz C., T. Russian y D. Tua. 2007. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de la cebolla. *Agronomía tropical*. 57: 7-14.
- Sinaj S., O. Trore and E. Frosar. 2002. Effect of compost and soil properties on the availability of compost phosphate for White clover (*Trifolium repens* L.) . *Nutrient cycling in Agroecosystems*. 62: 89-102.
- Stotzky G. 1965. Microbial Respiration in: *Methods of soil analysis, part 2. Chemical and microbial properties*. Black CA, Evans DD, White JL, Ensinger LE, Clark FE. Amsterdam society of agronomy, Madison. Pp 1550-1572.
- Tabatabai M. and J. Bremner. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry*. 1: 301-307.
- Vandermeer J.H. 1990. Intercropping p.481-516. En Carroll CR, Vandemeer JH y Rosset P. (Eds) *agroecology*, Mc Graw hill publishing company, newyork USA.
- Willey R. and M. Rao. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercropping. En: Hernández A, Ramos R, Sánchez J. 1999. Distribución espacial y temporal en el policultivo yuca-frijol: uso equivalente de la tierra. *Agronomía mesoamericana*: 10: 63-66.
- Wilson S.D. and D.Tilman. 1991. Components of plant competition along an experimental gradient of nitrogen availability. *Ecology*. 72:1050-1065.
- Zamora F., D. Tua y D. Torres. 2008. Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. *Agronomía Tropical*. 58: 233-243.

FERTILIZACIÓN Y RENDIMIENTO EN NOPAL TUNERO

Blanco–Macías, Fidel¹, Valdez–Cepeda Ricardo David^{1,2}, Ruiz–Garduño Raúl René¹,
Márquez–Madrid Miguel¹, Magallanes–Quintanar Rafael³

¹Centro Regional Universitario Centro Norte. Universidad Autónoma Chapingo. Cruz del Sur No. 100,
Col. Constelación, CP 98085, Zacatecas, Zac., México. E–mail: fiblama63@gmail.com

²Unidad Académica de Matemáticas. Universidad Autónoma de Zacatecas. Paseo Solidaridad s/n.
Zacatecas, Zac., CP 98064, México

³Unidad Académica de Ingeniería. Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera a La Bufa. Zacatecas,
Zac. México

Resumen

Ante el escaso conocimiento sobre fertilidad del suelo y los requerimientos nutrimentales del nopal tunero, existe riesgo de sobre–fertilizar con algunos nutrimentos y sub–fertilizar con otros. Entonces, es necesario identificar la variedad de nopal con mayor potencial de producción de fruta por localidad, región o tipo de suelo y la dosis de fertilización recomendable. En el presente estudio se probaron las dosis de fertilización 0–0–0, 40–20–20, 80–40–40 y 120–80–80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; así como las variedades de nopal tunero Amarilla Montesa’, Blanca de San José de la Isla’, Cristalina’ y Amarilla Pico–Chulo’. Los 16 tratamientos, producto de las dosis de fertilización y cuatro variedades, se distribuyeron de acuerdo a un diseño experimental de tres bloques al azar. Todos los años (1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008), el N se aplicó en dos fracciones: la primera mitad en primavera al iniciar la brotación (abril) y la segunda en el verano (julio). El fósforo y el potasio se aplicaron en primavera (abril). La tendencia de incremento del rendimiento conforme es mayor la fertilización no fue muy clara. Sin embargo, en general, la respuesta de la planta es mayor en correspondencia con la cantidad de fertilizante adicionado al suelo. En cambio, es claro que el rendimiento se ha incrementado conforme a la edad de la planta, pues el orden de rendimiento medio es 2005<2006<2007<2008. También es apreciable que el orden de las variedades por potencial productivo es el siguiente: Amarilla Montesa>Cristalina>Blanca de San José de la Isla>Pico–Chulo.

Palabras clave: *Dosis de fertilización, variedades, rendimiento.*

Abstract

Given the limited knowledge on soil fertility and nutrient requirements of the prickly pear, there is risk of over-fertilize with some nutrients and other sub-fertilize. Therefore, it is a need to identify the variety with best productivity potential for each locality, region or soil class as well as the better soil fertilization treatment. In this research work, the four fertilization treatments 0–0–0, 40–20–20, 80–40–40 y 120–80–80 kg ha⁻¹ of N, P₂O₅ y K₂O, and the Amarilla Montesa’, Blanca de San José de la Isla’, Cristalina’ and Amarilla Pico–Chulo’ varieties were tested in a field experiment. All the 16 treatments yielded by the four fertilization treatments and the four varieties were randomly distributed in three blocks at field. Each experimental unit consisted of three plants. All years (1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 and 2008), N was applied trough two fractions: the first was applied when start sprouting during spring (April), whereas the second during summer (July). Whole quantities of N and K were applied in April. Yield increasing trend as increasing quantity of fertilizers was not clear. However, in general, plant response was higher as fertilizer quantity was increased. In contrast, it was clear that yield was increased according to the plant age, because mean yield order was 2005<2006<2007<2008. Also, it was appreciated productivity of varieties was in the following order: Amarilla Montesa’>Cristalina’>Blanca de San José de la Isla’>Pico–Chulo’.

Key Words: *Fertilization doses, variety, yield.*

Introducción

El manejo de las huertas de nopal, en general, se realiza con prácticas empíricas, lo cual se refleja en una problemática diversa con respecto a establecimiento de huertas, fertilización–nutrición, control de plagas y enfermedades, cosecha, manejo en poscosecha y comercialización, principalmente. Es ampliamente reconocido que las plantas que padecen desórdenes nutricionales son más susceptibles a plagas y enfermedades, a deformación de tejidos y órganos como los frutos, por ejemplo (Valdez–Cepeda *et al.*, 2004).

Cuando no se tienen los análisis de suelo, la recomendación de cuál, cómo y cuánto fertilizante debe aplicarse se basa en la experiencia con el cultivo y el tipo de suelo, pero se corre el riesgo de sobre–fertilizar con algunos nutrimentos y sub–fertilizar con otros. En los sistemas agrícolas comerciales en los cuales se invierten fuertes sumas de dinero en la adquisición de fertilizantes, ésta estrategia es de alto riesgo. Los fertilizantes comerciales que contienen los macronutrimentos nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) presentan los contenidos en términos de N–P₂O₅–K₂O por cada 100 kg de fertilizante. En el caso del nopal cultivado para producción de tuna, nopalito (verdura) y penca para consumo animal y propagación vegetativa, los estudios de fertilización y nutrición son relativamente pocos en comparación con especies como el maíz, frijol, soya, papa, duraznero, guayabo, etc. En general, las dosis de fertilización aplicadas en parcelas de nopal han sido diferentes (N–P₂O₅–K₂O), por ejemplo: 160–0–0 (Nobel *et al.*, 1987), 20–0–0 y 40–0–0 (Mondragón y Pimienta 1990), 30–0–0, 60–0–0, 120–0–0 y 60–20–35 (Nerd y Mizrahi, 1992) y 224–0–0 y 224–112–00 (González y Everitt, 1990). Por lo anterior, se planteó como objetivo el identificar la variedad de nopal con mayor potencial de producción de fruta (tuna), así como la mejor dosis de fertilización en las condiciones ambientales de Zacatecas.

Materiales y Métodos

Las dosis de fertilización usadas fueron 0–0–0, 40–20–20, 80–40–40 y 120–80–80 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Las fuentes fueron urea, superfosfato de calcio triple y cloruro de potasio. Los 16 tratamientos, producto de las dosis de fertilización y cuatro variedades (‘Amarilla Montesa’, ‘Blanca de San José de la Isla’, ‘Cristalina’ y ‘Amarilla Pico Chulo’) se distribuyeron completamente al azar en invernadero, previa plantación en macetas.

La unidad experimental fue de tres plantas de nopal establecidas en abril de 1999. Después, en campo, se distribuyeron de acuerdo a un diseño experimental de tres bloques al azar, mediante trasplante, en abril de 2001. Todos los años (1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008), el N se aplicó en dos fracciones: la primera mitad en primavera al iniciar la brotación (abril) y la segunda en el verano (julio). El fósforo y el potasio se aplicaron en primavera al inicio de la primera brotación (abril).

Riegos ligeros se aplicaron cada 15 días, tanto en primavera como en otoño, considerando la cantidad de lluvia. Se controlaron malezas en forma manual y mecánica con implementos rústicos de tracción animal. Estas dos prácticas de manejo se realizaron de la misma manera en años siguientes.

Se cuenta con la información de número de frutos producidos y rendimiento de 2005, 2006, 2007 y 2008, misma que se analizó con fines de presentar resultados preliminares. Un análisis de varianza se realizó al considerar al rendimiento como variable respuesta y como fuentes de variación a las dosis de fertilización, variedades y años, así como sus interacciones. La comparación de medias se hizo con base en la diferencia mínima significativa.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se aprecian los cuadrados medios, los valores de F y del nivel de significancia asociados a cada fuente de variación. Tan solo el efecto de la interacción año x variedad es significativo (p=0.0001). Ello sugiere que las dosis y las variedades, por separado, no difieren en sus efectos sobre el rendimiento de manera significativa al considerar la información de los años 2005, 2006, 2007 y 2008. Por el contrario, los años tienden a presentar efectos diferentes sobre el rendimiento, como se aprecia por su valor de F y el correspondiente nivel de significancia (p=0.19).

La tendencia de incremento del rendimiento conforme es mayor la cantidad de fertilizante aplicado no es muy clara, sin embargo, en general, la respuesta de la planta es mayor en correspondencia con la cantidad de fertilizante adicionado al suelo (Cuadro 2). En cambio, es claro que el rendimiento se incrementó conforme a la edad de la planta, pues el orden de rendimiento medio es 2005<2006<2007<2008 (Cuadro 2). También es apreciable que el orden de las variedades por potencial productivo es el siguiente: Amarilla Montesa>Cristalina>Blanca de San José de la Isla>Pico Chulo (Cuadro 2).

Al analizar específicamente la interacción variedad x año (Cuadro 3) se aprecia que los mayores rendimientos, al considerar los años, se dieron como sigue: Pico Chulo x 2008, Cristalina x 2005, Amarilla Montesa x 2007 y Pico Chulo x 2006. Además, no se refleja el incremento del rendimiento conforme aumenta a edad de la planta por variedad como se evidencia en general al considerar las cuatro variedades por año (Cuadros 2 y 3). En general, los resultados coinciden con los de otros investigadores quienes han encontrado respuestas positivas a la aplicación de fertilizantes dado que los tratamientos asociados a un mayor número de frutos por planta (datos no mostrados) y rendimientos mayores se conformaron por dosis de fertilización diferentes al testigo (no aplicación de fertilizante). Es recomendable contar con un mayor número de ciclos de observación, pues experiencias previas con otros cultivos así lo indican.

Cuadro 1. Análisis de varianza para rendimiento (kg pl^{-1}) correspondiente al experimento de fertilización–nutrición en nopal tunero. CRUCeN–UACH. 2008.

Fuente de Variación	Grados Libertad	Cuadrados Medios	F	p>F
Variedad	2	149.36	1.78	0.25
Dosis de fertilización	3	117.06	1.39	0.33
Error de dosis de fertilización	6	84.10		
Variedad	3	178.19	0.58	0.67
Interacción año x variedad	9	142.71	0.43	0.91
Error de variedad	24	331.87		
Año	3	555.27	2.23	0.19
Error de año	6	249.02		
Interacción dosis de fertilización x año	9	66.60	0.42	0.91
Error de interacción variedad x año	18	159.13		
Interacción variedad x año	9	652.13	4.13	0.0001
Interacción dosis x variedad x año	27	89.94	0.57	0.95
Error de interacción dosis x variedad x año	72	158.02		
Total	191			

Cuadro 2. Medias de rendimiento (kg pl^{-1}) para los efectos de los factores Dosis, Variedad y Año en el experimento de fertilización–nutrición en nopal tunero. CRUCeN–UACH. 2008.

Dosis	Media	Variedad	Media	Años	Media
00–00–00	30.96	Pico Chulo	29.22	2005	27.41
40–20–20	31.36	Blanca San José de la Isla	31.27	2006	30.74
80–40–40	30.36	Cristalina	32.27	2007	33.05
120–80–80	33.90	Amarilla Montesa	33.82	2008	35.38

Cuadro 3. Medias de rendimiento (kg pl⁻¹) para los efectos de la interacción Variedad x Año en el experimento de fertilización–nutrición en nopal tunero. CRUCeN–UACH. 2008.

Variedad/Año	2005		2006		2007		2008		Media
Cristalina	38.63	ab	25.33	abc	31.99	abc	33.13	abc	32.27
Amarilla Montesa	30.39	abc	33.38	abc	38.37	ab	33.13	abc	33.82
Pico Chulo	15.72	c	35.39	ab	23.87	bc	41.91	a	29.22
Blanca San José de la Isla	24.89	abc	28.85	abc	37.97	ab	33.36	abc	31.27
Media	27.41		30.74		33.05		35.38		31.64

DMS = 17.67.

Conclusiones

El incremento del rendimiento conforme es mayor la fertilización no es muy claro, sin embargo, en general la respuesta de la planta es mayor en correspondencia con el fertilizante adicionado al suelo. En cambio, es claro que el rendimiento se ha incrementado conforme a la edad de la planta, pues el orden de rendimiento medio es 2005<2006<2007<2008. También es apreciable que el orden de las variedades por potencial productivo es el siguiente: Amarilla Montesa>Cristalina>Blanca de San José de la Isla>Pico Chulo.

Literatura Citada

- González, C.L. and J.H. Everitt. 1990. Proc. First Annual Texas Prickly Pear Council. Kingsville, Texas. pp. 3–13.
- Mondragón, J.C. y E. Pimienta B. 1990. Memorias: IV Reunión Nacional y II Congreso Internacional Sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. SOMECH, A.C., INCA–Rural–CECCAM. Zacatecas, Zac., México. p. 28.
- Nerd, A. and Y. Mizrahi. 1992. Proc. 3rd Annual Texas Prickly Pear Council. Kingsville, Texas. pp. 1–4.
- Nobel, P. S., Ch. E. Russell, P. Felker, J. Galo and E. Acuña. 1987. Agron. J. 79(3): 550–555.
- Valdez–Cepeda, R.D., F. Blanco–Macías, B. Murillo–Amador, J.L. García Hernández, R. Magallanes–Quintanar y F.J. Macías–Rodríguez. 2004. El Nopal: Tópicos de Actualidad. SEDAGRO–Gob. Edo. Zacatecas; Fundación Produce Zacatecas, A.C.; Patronato para la Investigación Agropecuaria y Forestal en el Estado de Zacatecas, A.C.; Colegio de Postgraduados y Universidad Autónoma Chapingo. 303 p.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE MATERIALES ORGÁNICOS LÍQUIDOS UTILIZADOS EN LA FRANJA AGUACATERA DE MICHOACÁN, MEX.

Hernández Valdés, Edgardo Federico¹, Aguilera Taylor Verónica², Pérez Sánchez Rosa Elena¹, Chávez Bárcenas Ana Tztzqui¹, García Saucedo Pedro Antonio¹

¹Profesor Investigador de la Facultad de Agrobiología –Presidente Juárez”, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. efhvaldes@yahoo.com.

²Investigadora del Laboratorio de Diagnóstico Vegetal CICLUS.

Resumen

Con la finalidad de conocer algunas características químicas de materiales orgánicos líquidos (MOL) aplicados en el cultivo del aguacate en Michoacán, Méx., se colectaron 76 productos utilizados para aplicación al suelo y foliar, a los que se les determinó pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno y relación carbono/nitrógeno. Se encontró una amplia variación entre los MOL debido a los materiales utilizados y a su forma de preparación. El 35.6 % de las muestras se ubicaron entre 6.3 y 8.0 de pH, mientras que 61.6% estuvieron en la categoría más baja (<1.6%) de materia orgánica; 59.7 % de las muestras en la categoría de <1.6 g L⁻¹ de nitrógeno y el 64.4% en el intervalo <10.4 de la relación carbono/nitrógeno.

Palabras clave: *lixiviados, te de composta, supermagro*

Abstract

In order to meet some chemical characteristics of liquid organic materials (MOL) applied in the cultivation of avocados in Michoacan, Mex., there were collected 76 products applied on foliar samples and soil, to which were determined pH, electrical conductivity, organic matter, nitrogen and carbon / nitrogen ratio. There was a wide variation between MOL due to their materials and different kinds of preparation. The 35.6% of samples were between 6.3 and 8.0 pH, while 61.6% of the samples were in the lowest category (<1.6%) of organic matter, 59.7% of the samples in the category of <1.6 g L⁻¹ of nitrogen and 64.4% in the range <10.4 of the carbon / nitrogen ratio.

Key Words: *leachate, compost tea, supermagro*

Introducción

En la búsqueda de recursos aplicados a la agricultura con un menor impacto en el ambiente, Restrepo (2001) propone el uso de los llamados biofertilizantes o biopreparados, los cuales son originados a partir de la fermentación de materiales orgánicos como estiércoles de animales, plantas verdes y frutos. Entre las bondades de los biofertilizantes, Berova y Karanatsidis (2009) identificaron que al aplicar un extracto de vermicomposta a plantas de chile (*Capsicum annum* L) se acelera el crecimiento de planta, raíz, tallos y área foliar. También se obtuvo un efecto positivo sobre la actividad de aparatos fotosintéticos incrementando el contenido de pigmentos y mejorando el intercambio de gases. Según Ochoa *et al* (2009), con la aplicación de un “Fe de composta”, el costo/beneficio fue superior con el uso de la solución orgánica, aún cuando el rendimiento de tomate disminuyó respecto a la solución nutritiva inorgánica.

A nivel nutrimental, para Hargreaves *et al* (2009), dos soluciones de “Fe de composta”, preparadas de estiércoles de rumiante y de residuos sólidos municipales, obtuvieron niveles nutrimentales similares en plantas de fresa (*Fragaria vesca*) al momento de compararlas con una solución nutritiva elaborada con fertilizantes inorgánicos. Akanbi *et al* (2007) prepararon extractos de composta basados en cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) y planta de mirasol (*Tothonia sp*) combinadas con estiércol de aves de corral, mismos que fueron aplicados al cultivo de *Telfairia occidentalis*. Los resultados mostraron aumento de la producción de forraje, así como incremento en la concentración de fósforo y proteína cruda en los tallos, superando a los tratamientos con aplicación de fertilizantes inorgánicos. A pesar de todos los beneficios obtenidos por los biofertilizantes, Rodríguez *et al* (2009), demostraron que al preparar los llamados “Supermagros”, por su complejidad química, su uso en el suelo aumenta la disponibilidad de algunos

nutrientes, tales como cloro, en niveles elevados hasta el punto de ocasionar toxicidades en las plantas, e inclusive disminuir el tamaño promedio de frutos en plantas de Maracuyá (*Passiflora edulis*). Además, de que este biofertilizante no logró satisfacer las necesidades de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, cobre, hierro y manganeso en este cultivo. Los resultados en el tema de biofertilizantes, muestran muchos beneficios hacia las plantas, sin embargo, existe la contraparte, ya que pueden llegar a tener efectos negativos. Arancon *et al* (2007), reconocen tal gama de efectos, al comentar que los extractos líquidos de "Tele compostas" son producidos usando una serie de métodos de preparación en los cuales se incluye 1) la relación sólidos vs agua que van desde 1:3 a 1:200, 2) algunas preparaciones son anaeróbicas y otras no lo son, 3) algunos biofertilizantes son mejorados con melaza, algas y levaduras, y 4) el tiempo de preparación puede tomar desde 12 h hasta periodos de tres semanas. Samanta (2008) encontró, que un gran número de productos de vermicomposta llegan al mercado empaquetados en contenedores sin mencionar el porcentaje de materia orgánica y la relación carbono/nitrógeno (C/N), situación que no permite determinar la posible respuesta de los productos cuando son aplicados a las plantas. Fue por ello, que se estableció como objetivo de este trabajo, realizar una colecta de diversos materiales orgánicos en presentación líquida (MOL) y determinar algunas de sus propiedades químicas que permitan conocer la calidad de los mismos.

Materiales y Métodos

Se hizo una colecta de 73 MOL utilizados para aplicación tanto en vía foliar como al suelo, en huertos de aguacate Michoacán, México (109° N, 100-102° O). Las muestras comerciales y otras elaboradas por los mismos productores, incluyeron te de compostas, supermagros y lixiviados a partir de estiércoles, compostas, vermicompostas y guanos de murciélago. Se determinó el pH y la conductividad eléctrica a través de la medición directa con el uso de electrodos específicos para estas pruebas. La materia orgánica se obtuvo a través de la determinación de carbono orgánico (C-org) por método Walkley & Black, utilizando como factor de conversión 1.724 (NOM-021-RECNAT-2000). La relación C/N se calculó con el valor de C-org, dividido entre la concentración de nitrógeno total (Nt) determinado por el método microkjeldhal. Tanto los métodos de análisis utilizados, como interpretación de resultados, fueron referidos a la NMX-FF-109-SCFI-2008, que establece las especificaciones y métodos de prueba para humus de lombriz (lombricomposta). Los resultados fueron graficados en histogramas de frecuencias relativas estableciendo siete clases.

Resultados y Discusión

pH

De acuerdo con la figura 1A, el 35.6 % de los MOL en estudio tuvieron niveles de pH comprendidos entre 6.3 y 8.0, que de acuerdo con la NMX-FF-109-SCFI-2008 están en un intervalo adecuado, ya que recomienda que el pH de los materiales orgánicos se sitúe entre 5.5 y 8.5. El 4.1% de los MOL se concentraron en la categoría de pH < 3.0, clasificación que es interpretada debajo de lo normal (ácida), y que fue representativa de materiales "Supermagros" y "lixiviados de lombriz". Por otro lado, el 4.1% de los MOL reportaron pH > 11.3, mismos que son elaborados a partir de lixiviados de "compostas" y "vermicompostas" que tienen origen en estiércol vacuno principalmente. Los resultados mostraron "lixiviados de lombriz" que se encontraron en niveles ácidos (pH < 3.0) y sus pH superaron 11.3. De acuerdo con Haimi y Huhta (2004), MOL lixiviados de vermicompostas de dos especies de lombrices de tierra (*Lumbricus rubellus* y *Dendrobaena octaedra*) tuvieron pH alcalino (> 7.0). Sin embargo, Chaudhuri *et al* (2000) trabajando con lombrices *Perionyx excavatus* en compostas de desechos de cocina, encontraron una disminución del pH durante el proceso de vermicomposteo, mismo que fue adjudicado a la liberación de bióxido de carbono (CO₂) y la formación de ácidos orgánicos. Lo anterior demuestra que el cambio de la especie de lombriz utilizada durante el proceso de elaboración de MOL tiene un impacto directo sobre el pH del producto. Además, el material que se utiliza para alimentar a las lombrices también repercute en el grado de acidez del MOL.

Algunos "Supermagros" colectados en este estudio tuvieron un pH ácido (< 3.0), tal y como lo mencionan Cerqueria *et al* (2009), quienes prepararon materiales de este tipo con reacción ácida (pH 4.6).

Sin embargo, la aplicación de este producto tuvo un efecto negativo al disminuir la concentración de materia orgánica del suelo, además de provocar una elevación del pH. Hernández *et al* (2008) comentan que la adición de "Vinaza" a lixiviados de composta también pueden disminuir el pH de la solución alcanzando valores de 4.3.

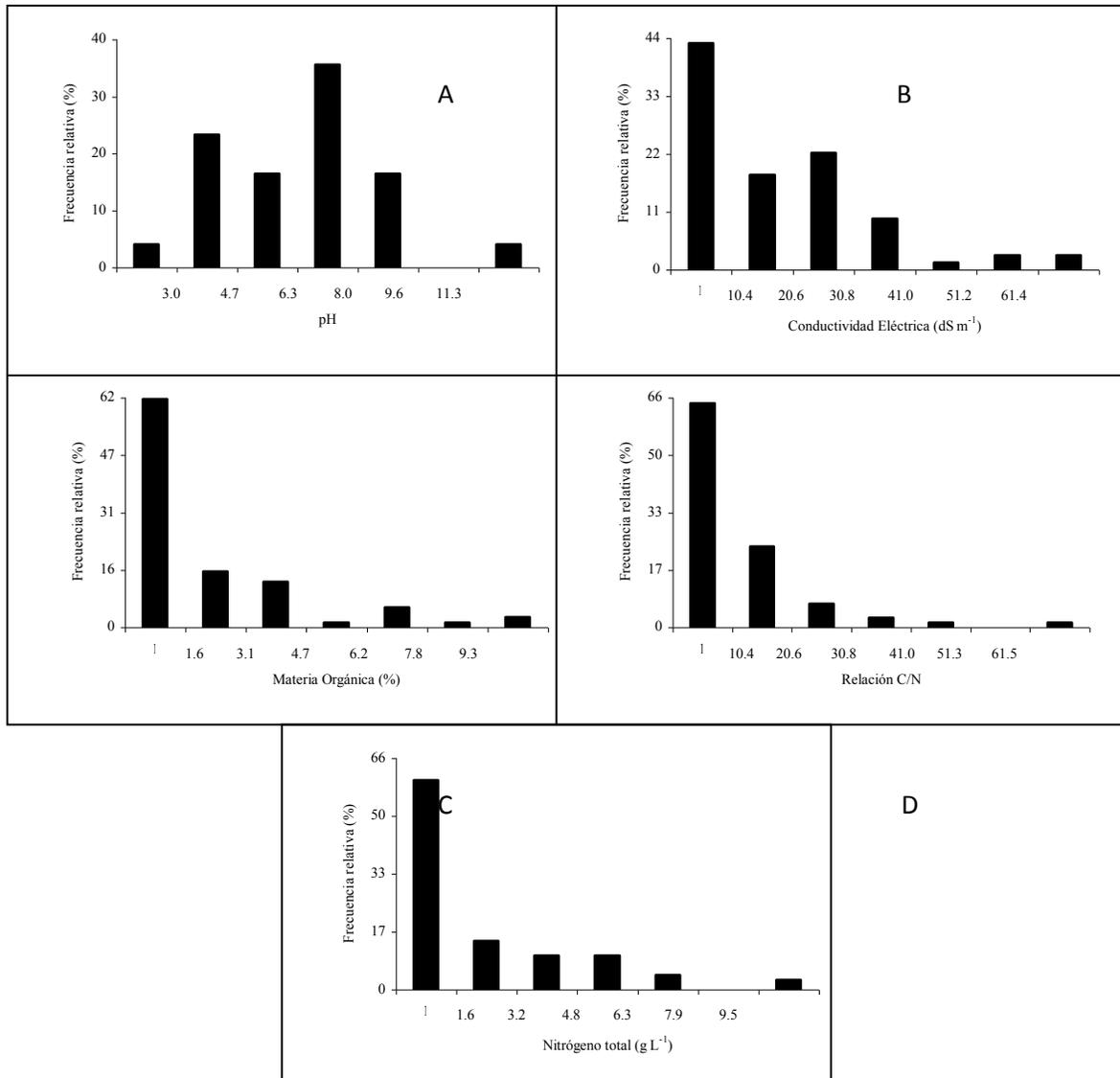


Figura 1. Histogramas de frecuencias relativas de características químicas (A = pH, B=Conductividad Eléctrica, C=Materia orgánica, D= Relación Carbono/Nitrógeno, E= Nitrógeno total) en muestras de materiales orgánicos líquidos colectados en la franja aguacatera de Michoacán, Mex.

Las implicaciones de tener MOL con pH hacia el lado de la alcalinidad (> 7.0), pueden generar una disminución del rendimiento, tal y como lo demostraron Ochoa *et al* (2009) en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*) donde al aplicar un "Fe de composta" preparado a base de estiércol bovino y residuos de paja de alimento de ganado, con un pH de 7.6, influyó en la poca disponibilidad de elementos menores.

Conductividad eléctrica

De acuerdo con las especificaciones químicas publicadas por la NMX-FF-109-SCFI-2008, se sugiere que los materiales orgánicos derivados de procesos de vermicomposteo deben tener una conductividad eléctrica $< 4 \text{ dS m}^{-1}$. En los resultados obtenidos para la gráfica 1B, el 43.1% de las muestras de MOL se ubican en la escala de conductividad eléctrica ($< 10.4 \text{ dS m}^{-1}$), sólo el 15.3% fueron productos con un grado de salinidad $< 4.0 \text{ dS m}^{-1}$, mismos que son el resultado de la lixiviación de "compostas" y "lombricompostas". Sin embargo, existieron dos materiales derivados de "compostas" y "lixiviado de lombricomposta" que presentaron los mayores niveles de conductividad eléctrica (66.1 y 71.6 dS m^{-1} respectivamente), pasando los límites de la última categoría presentada en esta variable (61.4 dS m^{-1}). Chaudhuri *et al* (2000) demostraron que durante el proceso de vermicomposteo, los niveles de macronutrientes en el material sólido fue menor a aquellos sin lombrices, lo cual indica que estos organismos, al degradar el material de composta, liberan los nutrientes que son lixiviados y capturados en MOL. Esto puede explicar los niveles altos en MOL de origen en vermicomposta. Sin embargo, se encontraron MOL con valores más bajos de conductividad eléctrica, lo cual se explica por el origen de la materia o inclusive el número de lavados que se realicen en las camas provocando una dilución de las sales en el MOL. Silva (2008) encontró que los mejores resultados se obtuvieron cuando se aplicó un "Supanagro" en plantas de café, lo que generó valores de conductividad eléctrica entre 3.71 y 4.07 dS m^{-1} . Una disminución o un aumento de dichos niveles provocaron una reducción de materia seca en estas plantas. Tal decremento en el crecimiento, fue explicado por la falta o el exceso de micronutrientes (cobre, boro, hierro, manganeso y zinc). Por lo tanto, será importante considerar a la conductividad eléctrica como índice de calidad, para que al momento de preparar MOL se tenga en cuenta diluir la solución hasta alcanzar niveles adecuados.

Materia orgánica

La mayoría de los MOL (61.6 %) manifestaron niveles inferiores a 1.6 % de materia orgánica (Figura 1C), aunque cabe destacar que en comparación con la NMX-FF-109-SCFI-2008, todos los MOL analizados tuvieron valores de materia orgánica por debajo de lo recomendado en dicha norma (20 – 50 %). Muestras de "lixiviados de lombricomposta" lograron tener los niveles más elevados de materia orgánica, alcanzando sólo 10.60 % y 10.85 %. Durante el proceso de composteo, Chaudhuri *et al* (2000) comentan que la concentración de materia orgánica tiende a disminuir, esto es atribuido particularmente a la descomposición bacteriana, que libera parte del C-org a la atmósfera como CO_2 . Reportan una disminución del 60% del C-org en materiales que estuvieron expuestos a la descomposición por lombrices. De acuerdo con los resultados del trabajo aquí expuesto, hubo materiales de "lixiviados de lombriz" que tuvieron los mayores niveles de C-org (expresado como materia orgánica), lo cual hace suponer que no todo el C-org se pierde como CO_2 , sino que fragmentos del C-org pasan a formar parte de moléculas más simples que pueden ser lixiviadas a los MOL.

Nitrógeno total

Sólo un "lixiviado de composta" y un "composta" lograron alcanzar el intervalo aceptable de Nt (10.49 y 11.05 g N L^{-1} respectivamente) que maneja la NMX-FF-109-SCFI-2008 (10 – 40 g L^{-1}). El resto de los MOL manifestó valores inferiores a dicho intervalo. Inclusive, existieron MOL derivados de "lixiviados de composta" que sólo tenían 0.07 a 0.09 g N L^{-1} . Ensayos en la producción de vermicompostas mostraron una importante disminución del Nt (de 34.9 a 16.7 g L^{-1}) por efecto de volatilización de amonio (Chaudhuri *et al*, 2000). Esto hace pensar que la gran mayoría de los materiales colectados han sufrido importantes pérdidas de este elemento al tiempo de su preparación, situación que repercute en su calidad final.

Relación carbono/nitrógeno

De acuerdo con la NMX-FF-109-SCFI-2008, se sugiere que los materiales de humus de lombriz se sitúen en una relación C/N inferior a 20, aspecto que permitió ubicar al 87.7 % de los MOL en dicha categoría. Fue en los MOL derivados de la "fermentación de cáscara de café" donde se alcanzaron los niveles más altos de la relación C/N (71.69), mientras que dos "extractos de compostas" y dos de "gano de

murciélagos" tuvieron los índices más bajos de dicha variable (0.15, 0.24, 0.36 y 0.41 respectivamente). La presencia de lombrices al momento de compostear materiales ha sido señalado por Chaudhuri *et al* (2000) como un aspecto importante para reducir la relación C/N, dado que su aparición acelera el proceso de descomposición tal y como se explicó anteriormente. Es por ello, que estos materiales de vermicomposta estuvieron situados entre relaciones C/N desde 1 hasta 20, valores un tanto cercanos a los encontrados por Samanta (2008) en una colecta de ocho diferentes tipos de vermicompostas. Este autor recomienda que la relación C/N puede ser mejorada con el uso de diferentes estiércoles de animales, en lugar de utilizar estiércol de vaca solamente.

Conclusiones

Las características químicas de los materiales orgánicos líquidos colectados en la franja aguacatera de Michoacán, Méx., son muy contrastantes debido al tipo de materia prima utilizada y a su forma de preparación. El pH dominante en las muestras (35.6%) se situó entre 6.3 y 8.0. El 43.1 % de las muestras tuvo una conductividad eléctrica inferior a los 10.3 dS m⁻¹. La materia orgánica de los líquidos estudiados se situó en su mayoría (61.6%) en niveles inferiores a 1.6 %, en el nitrógeno total el 59.7% de los materiales colectados en valores menores a 1.6 g L⁻¹, mientras que la relación carbono/nitrógeno tuvo la mayor parte de muestras (64.4 %) en niveles inferiores a 10.4.

Literatura Citada

- Akanbi, W.B., T.A. Adebaya, O.A. Togun, A.S. Adeyeye and O.A. Olaniran. 2007. The use of compost extract as foliar spray nutrient source and botanical insecticide in *Telfairia occidentalis*. World J. Agric. Sci. 3(5):642-652.
- Arancon, N.Q., C.A. Edwards, R. Dick and L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. BioCycle. November:51-52.
- Berova, M. and G. Karanatsidis. 2009. Influence of bio-fertilizer, produced by *Lombricus rubellus* on growth, leaf gas-exchange and photosynthetic pigment content of pepper plants (*Capsicum annum* L.). Acta Hort. 830:447-452.
- Cerqueira, A., L. Ferreira, A. Araujo, V. Batista, T.A. Guedes, I.H. Lucena. 2009. biofertilizante supermagro e potássio na fertilidade de um solo cultivado com maracujazeiro amarelo. Rev. Verde. 4(1):76-84.
- Chaudhuri, P.S., T.K. Pal, G. Bhattacharjee, S.K. Dey. 2000. Chemical changes Turing vermicomposting (*Perionyx excavatus*) of kitchen wastes. Trop. Ecol. 41(1):107-110.
- Haimi, J. and V. Huhta. 2004. Effect of earthworms on decomposition processes in raw humus forest soil: A microcosm study. Biol. and Fert. of Soils.10(3): 178-183.
- Hargreaves, J.C., M.S. Adl, and P.R. Warman. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendments in the cultivation of strawberries?: soil and plant tissue effects. J. Sci. on Food Agric. 89:390-397.
- Hernández, G.I., S. Salgado, D.J. Palma, L.C. Lagunes, M. Castelán, O. Ruíz. 2008. Vinaza y composta de chachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas, México. Interciencia. 33(11):855-860.
- NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Segunda Sección. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 85 pp.
- NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de lombriz (Lombricomposta) – especificaciones y métodos de prueba.
- Ochoa, E., U. Figueroa, P. Cano, P. Preciado, A. Moreno, N. Rodríguez. 2009. Te de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en invernadero. Rev. Chapingo, Serie Hort. 105(3):245-250.
- Restrepo, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares, experiencias con agricultores en Mesoamérica y Brasil. Colección de libros y materiales educativos No. 96. Instituto Interamericano de Cooperación par ala Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. 157 p.

- Rodríguez, A.C., L.F. Cavalcante, A.P. de Oliveira, J.T. de Sousa, F.O. Mesquita. 2009. Produção e nutriçãmineral do maracujazeiro-amarelo em solo com biofertilizante supermagro e potássio. *Rev. Brasileira de Engenharia Agríc. e Amb.* 13(2):117-124.
- Samanta, T. 2008. Vermicompost: may be used as a potential bio-fertilizer. *In: S.P. Mukherjee. Everyman's Sci.* 43(3):173-177.
- Silva, J.B., G.J. de Carvalho, R.J. Guimarães, A.R. de Morais, R.L. de Cunha. 2008. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. *Coffe Sci. Lavras.* 3(2)115-123.

PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE SUSTRATOS ORGÁNICOS APTOS PARA ALMACIGO

Brito V. H^{1*}, Díaz C. M. A¹, Gómez M. E.¹, Estrada-B. M. A., ¹ Ordaz Ch. J²

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,

²Colegio de postgraduados. Email* hortensia.brito@ujat.mx

Introducción

Los medios de crecimiento o los sustratos usados en la producción de plántulas tienen la función de proveer soporte físico a la vez de proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento de las raíces y bajo costo (Quesada y Méndez, 2005). Las propiedades físico-químicas de los sustratos para almacigo relacionados con el pH, conductividad eléctrica, tamaño y distribución de partículas, así como la porosidad total determinan la capacidad de retención y movimiento de las raíces de las plantas (Anicua *et al.*, 2009). El objetivo fue evaluar las propiedades físico-químicas (pH, conductividad eléctrica, porosidad y densidad aparente) en sustratos orgánicos: composta de estiércol bovino, aserrín, bagazo de caña, cascarilla de cacao, polvo de coco, lombricomposta y peat moos.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, municipio de Texcoco, Estado de México. Se utilizó como material orgánico composta de estiércol bovino, aserrín, bagazo de caña, cascarilla de cacao, polvo de coco, y lombricomposta, peat moos (testigo). Las propiedades físicas que se evaluaron fueron: densidad aparente (Da) utilizando el método de la probeta; el porcentaje de porosidad total. Las propiedades químicas fueron: pH y conductividad eléctrica (CE).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 todos los sustratos presentaron diferentes con un nivel de significancia del 95 %; el sustrato polvo de coco registro una CE de 0.30 dS m⁻¹ siendo la menor de los sustratos y el más alto en CE lo presentó el sustrato de composta borrego 1.82 dS m⁻¹; la CE se observó en el peat moss es variable, desde niveles de 0.1 a 0.3 dS m⁻¹ (Zamora *et al.*, 2005). El pH se puede clasificar como ligeramente alcalinos con valores de pH 8 en el sustrato de lombricomposta y en los demás sustratos ligeramente ácido a neutro. Estadísticamente la mayor densidad aparente se registro en el peat moss 0.21 g cm³ y con menor en aserrín 0.13 g cm³; los parámetros establecidos por Schmilewski (2008) (Da entre 0.12 y 0.17 Mg m⁻³). En porosidad total con mayor 86 % fue bagazo de caña y con menor peat moss 22 %.

Cuadro 1. Propiedades físico-químicas de sustratos orgánicos

Sustratos	C.E	pH	Da	Porosidad total
	dS m ⁻¹		g cm ³	%
Composta borrego	1.82a*	7.15a	0.43a	79a
Estiércol bovino	1.17a	7.09ab	0.38b	70b
Aserrín	0.64b	6.69b	0.13c	24c
Bagazo de caña	0.65b	7.29c	0.47a	86d
Cascarilla de cacao	1.30c	7.38bc	0.19c	35e
Polvo coco	0.30d	6.40d	0.22d	40e
Peat moos	0.58b	7.16a	1.21e	22c
Lombricomposta	1.7e	8.11e	0.63f	56f

*Medias por tratamiento con misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%)

Conclusión

Todos los sustratos tuvieron las condiciones físico-químicas para ser aptos para almácigos en la producción de hortalizas.

Literatura citada

Anicua-Sánchez R., Gutiérrez-Castorena M. C. and Sánchez-García P. 2008. Acta Hort.(USA) 779: 577-582.

Quesada R G. y S. C. Méndez. 2005. Rev. Agr. Trop. (Costa Rica) 35: 01-13.

Zamora M. B. P., Sánchez G. P. y V. H. Volke H. 2005. 30(6): 69-81. ISSN 0378-1844.

EFICIENCIA EN EL USO DE NITRÓGENO EN HÍBRIDOS DE MAÍZ DE VALLES ALTOS

Martínez-Rueda¹, Carlos G., Contreras-Rendón¹, Alejandra y Estrada-Campuzano¹, Gaspar.

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México.

E-mail: cgmartinezr@uaemex.mx

Resumen

El uso racional de los fertilizantes nitrogenados debe ser un objetivo fundamental para lograr un manejo sustentable del cultivo de maíz en valles altos de México. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de la fecha de siembra, densidad de población y la disponibilidad de nitrógeno sobre la eficiencia en el uso de nitrógeno (EUN) y rendimiento de grano en tres híbridos de maíz para valles altos. Los experimentos se llevaron a cabo en el ciclo primavera verano 2008, se evaluaron tres híbridos comerciales de maíz (H48, H50 y Cóndor), en dos fechas de siembra (normal: 11/04/2008 y tardía: 30/04/2008), bajo dos niveles de fertilización nitrogenada (30 y 180 kg N ha⁻¹) y dos densidades de población (6.25 y 9.25 plantas m⁻²). Los resultados obtenidos indican que la fecha de siembra, la disponibilidad de nitrógeno y la densidad de población influyen directamente sobre el potencial de rendimiento y/o la eficiencia con que los híbridos de maíz de valles altos hacen uso del nitrógeno. El retraso en la fecha de siembra reduce el potencial de rendimiento y la capacidad de extracción del N disponible en el suelo. Al aumentar la dosis de fertilización nitrogenada se eleva el potencial de rendimiento pero se reduce la eficiencia en el uso de N. Al aumentar la densidad de población se incremento la producción de materia seca y grano, elevándose la eficiencia en el uso de N debido a una mayor fracción de recuperación de este elemento. Los híbridos de maíz de valles altos presentan poca variación genética con relación a la eficiencia en el uso de nitrógeno

Palabras clave: *materia seca, nitrógeno disponible, eficiencia fisiológica, rendimiento de grano*

Abstract

The rational use of nitrogen fertilizers should be a primary goal to achieve sustainable management of the maize crop in high valleys of central Mexico. The aim of this study was to evaluate the effects of planting date, population density and the availability of nitrogen on nitrogen use efficiency (NUE) and grain yield of three maize hybrids from high valleys. The experiments were conducted in the spring summer 2008 cycle, we evaluated three commercial maize hybrids (H48, H50 and Condor), two planting dates (normal: 11/04/2008 and late: 30/04/2008) under two nitrogen fertilization levels (30 and 180 kg N ha⁻¹) and two population densities (6.25 and 9.25 plants m⁻²). The results obtained indicate that planting date, nitrogen availability and population density directly influence the grain yield potential and / or the efficiency which maize hybrids from high valleys make use of nitrogen. The delay in sowing date reduced yield potential and the ability to extract the available N in the soil. Increasing the rate of nitrogen rises yield potential but it reduces the NUE. The highest population density allowed to increase dry matter production and grain, raising the efficiency of N because a larger fraction of recovery of this element. Corn hybrids of high valleys have little genetic variation in relation to the efficiency of nitrogen.

Key Words: *dry matter, nitrogen availability, physiological efficiency, grain yield*

Introducción

El uso racional de los fertilizantes nitrogenados debe ser un objetivo esencial para el manejo sustentable de los cultivos. A nivel mundial se estima que para el caso de los cereales, del total de N aplicado en forma de fertilizante solo el 33% se aprovecha por las plantas (Raun y Johnson, 1999). La eficiencia en el uso de N por el cultivo (EUN = kg de materia seca o grano/ kg de N disponible) y sus componentes: la eficiencia fisiológica (EF_{ms} = kg materia seca/kg de N absorbido o EF_{grano} = kg grano/kg de N absorbido) y la fracción de recuperación (FR = kg de N absorbido/kg N disponible) constituyen aspectos importantes a considerar en el manejo de este elemento (Novoa y Loomis, 1981).

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante es de gran importancia económica, por lo que aquellas estrategias de manejo que maximicen la asimilación de nitrógeno son de primordial importancia para minimizar pérdidas y disminuir el riesgo de contaminación ambiental (Barbieri *et al*, 2008). En los Valles Altos del Estado de México se siembran anualmente alrededor de 500 mil hectáreas de maíz, aplicándose año con año grandes cantidades de fertilizante nitrogenado.

Aunque no se tiene información disponible sobre las consecuencias que ha tenido la continua aplicación de fertilizantes nitrogenados en la región, de seguir esta tendencia se corre el riesgo de que se contaminen los mantos freáticos con los nitratos que se infiltran a través de las capas superficiales del suelo.

Por otra parte, no se ha generado información en torno al impacto que pudieran tener las prácticas de manejo agronómico sobre la eficiencia con que utilizan el N los híbridos de maíz que se cultivan en esta zona. Con base en lo anterior, se realizó el presente trabajo, con el objetivo de evaluar los efectos de la fecha de siembra, densidad de población y la disponibilidad de nitrógeno sobre la eficiencia en el uso de nitrógeno (EUN) y rendimiento de grano en tres híbridos comerciales de maíz para valles altos.

Materiales y métodos

Se establecieron cuatro experimentos en serie durante el ciclo primavera-verano 2008, en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la U.A.E.Mex, Toluca, México (99° 41' 30" O; 19° 24' 34" N; 2,607 m.s.n.m.). En esta localidad el clima es del tipo C(w2)(w)b(i): templado subhúmedo con lluvias en verano y poca oscilación térmica. El suelo predominante es del tipo vertisol pélico de origen volcánico y presentó un porcentaje de N inicial en el perfil de 0 a 60 cm de 0.17%, equivalente a 162 kg N ha⁻¹, mientras que el contenido de materia orgánica fue <1%.

Se evaluaron tres híbridos comerciales de maíz de cruza trilineal (H48, H50 y Cóndor) en dos fechas de siembra (normal: 11/04/08 y tardía: 30/04/08), con dos niveles de fertilización nitrogenada (N₁:30 y N₂:180 kg N ha⁻¹) y dos densidades de población (D₁: 62,500 y D₂ 92,500 plantas ha⁻¹). Para cada combinación de fecha de siembra y dosis de N, se estableció un diseño de parcelas divididas con tres repeticiones, asignando las densidades de población a las parcelas grandes y los híbridos a las parcelas chicas, que estuvieron conformadas por 4 surcos de 6 m de longitud distanciados a 0.80 m, la parcela experimental útil estuvo constituida por los cuatro metros interiores de los dos surcos centrales.

Como fuentes de N, P y K se utilizaron: urea (46%), superfosfato de calcio triple (46%) y cloruro de potasio (60%) respectivamente, aplicando un tratamiento de fertilización a la siembra de 30-60-30 para la dosis baja de N y 60-60-30 para la dosis alta. En las etapas V₆ y V₁₀ (Seis y diez hojas expandidas) se aplicaron 60 kg de N ha⁻¹ en los experimentos donde se manejó la dosis alta de N (180 kg de N ha⁻¹). En la etapa de madurez fisiológica (cuando el grano alcanzó su peso constante) se determinó la producción de materia seca (MS) mediante muestreos destructivos de material vegetal, para lo cual se cosecharon diez plantas con competencia completa dentro de cada parcela experimental útil, sometiendo a las estructuras vegetativas y reproductivas a un secado en una estufa a 70°C por un periodo de 72 h, hasta llevarlas a peso constante. El contenido de N en las plantas muestreadas se determinó por análisis de microdestilación Kjeldahl en los tejidos de las hojas, tallos y olote, y por separado el grano.

La cantidad de N inicial disponible en el suelo al momento de la siembra (N_i) se obtuvo como el promedio del contenido de N de 18 muestras de suelo colectadas antes de la siembra a una profundidad de 0-30 y 30-60 determinando el N total por medio microdestilación Kjeldahl y aplicando los factores de conversión propuestos por García y Ciampitti, (2007). La cantidad de N disponible durante la estación de crecimiento (N_D) se obtuvo sumando al N_i (162 kg N ha⁻¹), la cantidad de N aplicado en forma de fertilizante de acuerdo a las dosis de N evaluadas (30 y 180 kg N ha⁻¹).

El rendimiento de grano por parcela (RG) se determinó a partir del grano producido por todas las plantas de la parcela experimental útil, ajustando su peso a un 14% de humedad. La eficiencia en el uso de nitrógeno para la producción de materia seca fue calculada como la relación entre MS y N_D (EUNMS = MS/N_D; kg MS kg⁻¹ N_D) y la eficiencia en el uso de nitrógeno para la producción de grano como la relación entre RG y N_D (EUNG = RG/N_D; kg kg⁻¹ N_D). La eficiencia fisiológica del N fue calculada como la relación entre la MS y el nitrógeno absorbido (EFMS=MS/N_{MS}; kg kg⁻¹) y en grano como la relación entre RG y el nitrógeno absorbido en la materia seca (EFG = RG/N_{MS}; kg kg⁻¹).

La fracción de recuperación fue calculada como la relación entre el nitrógeno absorbido y N disponible ($FR = N_{MS}/N_D$; kg kg^{-1}). Otras variables calculadas fueron el índice de cosecha de nitrógeno obtenido como la relación entre kg N ha^{-1} en el grano sobre el N_{MS} ($ICN = N_G/N_{MS}$), el rendimiento de grano por unidad de nitrógeno en grano ($RGN = RG/N_G$; kg kg^{-1}) y el N en grano por unidad de nitrógeno disponible ($NGD = N_G/N_D$; kg kg^{-1}).

Con la información obtenida de las variables de estudio, se realizaron los análisis de varianza individuales para cada experimento (fecha de siembra y dosis de nitrógeno) bajo el modelo estadístico del diseño experimental de parcelas divididas y el análisis combinado de los cuatro experimentos para estudiar los efectos principales (fecha de siembra, dosis de nitrógeno, variedad y densidad de población) así como las interacciones de primer, segundo y tercer orden. El procesamiento estadístico de los datos, se llevó a cabo con el paquete estadístico SAS ver. 8.12 (SAS, 1999).

Resultados y Discusión

Al retrasar la fecha de siembra disminuyeron en promedio la producción de materia seca (MS) y el rendimiento de grano (RG) en un 12 y 20 %, respectivamente, observándose un incremento de 7.8% en el contenido de N del rastrojo pero una reducción equivalente a un 22% en el contenido de N en grano, del tal forma que el índice de cosecha de nitrógeno (ICN) y el contenido de N en la MS (N_{MS}) disminuyeron en la fecha de siembra tardía en un 12.5% y 10%, respectivamente (Cuadro 1).

El incremento en la dosis de N de 30 a 180 kg ha^{-1} afectó positivamente a la producción de MS (+40%) y al RG (+43%). La mayor producción de MS obtenida con la dosis alta de N fue atribuible a una mayor captura de este elemento durante la etapa de crecimiento, lo cual se vio reflejado en una mayor acumulación de N tanto en el rastrojo como en el grano (+78 y +64 %, respecto a la dosis baja de N) (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con aquellos obtenidos por Barbieri *et al.* (2008), quienes reportaron un incremento en el contenido de nitrógeno tanto en grano como en rastrojo de maíz, a medida que aumentaron la disponibilidad de N en el suelo.

No obstante, a pesar de que los incrementos en la disponibilidad de N se ven reflejados en una mayor producción de MS, el índice de cosecha de nitrógeno (ICN) tiende a disminuir (Uhart y Andrade, 1995). En el presente trabajo también se registró una reducción en el ICN (-4%) al aumentar la dosis de N. Por otro lado, la mayor densidad de población (9.25 plantas m^{-2}) permitió alcanzar una mayor acumulación de MS (+13%) y mayor RG (+9%), siendo el contenido de N en la MS (N_{MS}) superior en un 6% respecto a la densidad baja (6.25 plantas m^{-2}).

Los mayores rendimientos de grano fueron obtenidos en los cultivares Cóndor y H50 (6 981 y 6 934 kg ha^{-1} , respectivamente), lo cual estuvo asociado a una mayor acumulación de MS y contenido de nitrógeno en el grano en estos cultivares (Cuadro 1).

Cuadro 1. Medias generales y análisis de varianza para la producción de materia seca, rendimiento de grano y contenido de nitrógeno en la materia seca y el grano.

Factores/ Niveles	MS	RG	N rastrojo	N grano	ICN	N _{MS}
	kg ha ⁻¹		kg ha ⁻¹			kg ha ⁻¹
Fecha de siembra						
Normal 11/04/2008	20 618±770	7 495±321	65.9±4.96	113.0±6.01	0.64±0.02	178.9±9.74
Tardía 30/04/2008	18 187±874	5 997±236	71.1±5.30	88.4±4.74	0.56±0.02	159.6±8.66
Dosis de nitrógeno						
30 kg Nha ⁻¹	16 128±499	5 549±251	49.2±2.88	76.2±3.74	0.61±0.02	125.5±4.17
180 kg Nha ⁻¹	22 677±761	7 944±214	87.7±4.86	125.2±4.36	0.59±0.01	213.0±6.95
Densidad de Población						
6.25 plantas m ⁻²	18 170±720	6 447±295	65.4±4.72	98.3±5.99	0.60±0.02	163.8±9.16
9.25 plantas m ⁻²	20 635±914	7 046±314	71.0±5.51	103.1±5.57	0.60±0.02	174.7±9.47
Híbrido						
Cóndor	20 081±1044	6 981±339	67.9±6.13	101.3±6.24	0.61±0.02	169.3±10.17
H48	18 750±1004	6 324±388	72.3±6.91	96.9±7.75	0.57±0.02	169.3±12.57
H50	19 377±1074	6 934±398	65.2±5.90	103.9±7.31	0.62±0.02	169.2±11.77
Valores de F						
Fecha de siembra (F)	4.95 ^{ns}	8.12 ^{**}	0.63 ^{ns}	9.12 [*]	6.87 ^{**}	3.13 ^{ns}
Nitrógeno (N)	35.94 ^{**}	20.76 ^{**}	34.93 ^{**}	36.08 ^{**}	0.18 ^{ns}	64.22 ^{**}
Dens. de población (D)	19.31 ^{**}	6.92 [*]	3.27 ^{ns}	1.39 ^{ns}	0.18 ^{ns}	7.23 [*]
Híbrido (H)	0.85 ^{ns}	6.03 ^{**}	0.52 ^{ns}	1.71 ^{ns}	1.82 ^{ns}	0.00 ^{ns}
FxN	0.03 ^{ns}	1.03 ^{ns}	1.00 ^{ns}	1.79 ^{ns}	0.69 ^{ns}	2.50 ^{ns}
FxD	2.42 ^{ns}	0.99 ^{ns}	3.90 ^{ns}	0.57 ^{ns}	1.77 ^{ns}	0.78 ^{ns}
NxD	3.00 ^{ns}	0.02 ^{ns}	2.08 ^{ns}	0.02 ^{ns}	0.16 ^{ns}	1.83 ^{ns}
FxD	4.20 ^{ns}	0.53 ^{ns}	5.95 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.36 ^{ns}	6.79 ^{ns}
FxH	0.40 ^{ns}	1.26 ^{ns}	0.20 ^{ns}	2.19 ^{ns}	1.02 ^{ns}	0.17 ^{ns}
NxH	0.52 ^{ns}	2.17 ^{ns}	0.38 ^{ns}	5.59 ^{**}	0.58 ^{ns}	3.24 ^{ns}
DxH	0.30 ^{ns}	0.59 ^{ns}	0.31 ^{ns}	8.40 ^{**}	3.78 [*]	0.92 ^{ns}
FxDxH	1.04 ^{ns}	1.88 ^{ns}	0.56 ^{ns}	1.65 ^{ns}	0.32 ^{ns}	1.91 ^{ns}
FxDxH	1.78 ^{ns}	1.87 ^{ns}	1.22 ^{ns}	6.35 ^{**}	1.92 ^{ns}	4.73 ^{ns}
NxDxH	0.86 ^{ns}	1.75 ^{ns}	1.38 ^{ns}	2.19 ^{ns}	1.28 ^{ns}	3.24 ^{ns}
FxDxH	0.40 ^{ns}	2.62 ^{ns}	3.32 [*]	1.25 ^{ns}	3.04 ^{ns}	5.11 ^{ns}

[†]Valores medios ± error estándar; ns, *, ** no significativo, significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente materia seca=MS, rendimiento de grano=RG, nitrógeno en la paja=N paja, nitrógeno en el grano=N grano, índice de cosecha de nitrógeno=ICN, nitrógeno absorbido en la materia seca=N_{MS}

La fecha de siembra no afectó significativamente a la eficiencia con la cual el N fue absorbido y trasladado hacia la materia seca ó grano. Por otro lado, fue claro que a medida que se incrementó la disponibilidad de nitrógeno la eficiencia de uso tanto para producción de materia seca (EUNMS) o grano (EUNG) se redujo significativamente (Cuadro 2).

En concordancia con lo anterior, algunos trabajos anteriores muestran que cuando aumenta la disponibilidad de N, la EUN disminuye (Barberi *et al.*, 2008; D' Andrea *et al.*, 2008). Los resultados de esta investigación muestran que al incrementar la dosis de nitrógeno, la eficiencia fisiológica obtenida en kg materia seca (EFMS) o kg de grano (EFG) producidos por unidad de N absorbido disminuyó en un 17.5 y 15.5% respectivamente y la eficiencia en el uso de nitrógeno en kg de materia seca o grano por unidad de nitrógeno disponible se redujo 21.4 y 20.7%.

Por otro lado, la fracción de recuperación (FR) se incrementó en un 6.5% debido a un incremento en la densidad de población, así también se aumentó la eficiencia en el uso de nitrógeno para materia seca. La eficiencia en el uso de nitrógeno en grano fue mayor en Cóndor y H50 27 kg kg⁻¹ estos resultados coinciden con los datos obtenidos por Barbieri *et al.* (2008) quienes obtuvieron un rango de 25.6 a 30 kg kg⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Medias generales y análisis de varianza para la eficiencia en el uso de nitrógeno en dos fechas de siembra, dos dosis de nitrógeno, dos densidades de población y tres híbridos de maíz.

Factores/ Niveles	EFMS	EFG	EUNMS	EUNG	FR	RGN	NGD
	— kg kg ⁻¹ —	— kg kg ⁻¹ —	— kg kg ⁻¹ N _p ⁻¹ —	— kg kg ⁻¹ N _p ⁻¹ —	—	— kg kg ⁻¹ —	—
Fecha de siembra							
Normal 11/04/2008	121±3.69	44±1.43	80±2.71	29±1.10	0.67±0.02	68±1.36	0.43±0.02
Tardía 30/04/2008	117±3.65	39±1.54	70±2.76	24±0.97	0.61±0.02	71±2.20	0.34±0.01
Dosis de nitrógeno							
30 kg Nha ⁻¹	131±3.45	45±1.62	84±2.62	29±1.31	0.65±0.02	74±1.77	0.40±0.02
180 kg Nha ⁻¹	108±2.80	38±1.20	66±2.22	23±0.62	0.62±0.02	65±1.58	0.37±0.01
Densidad de Población							
6.25 plantas m ⁻²	116±4.07	41±1.60	71±2.58	25±1.01	0.62±0.02	68±1.97	0.37±0.02
9.25 plantas m ⁻²	122±3.19	42±1.44	80±2.92	27±1.21	0.66±0.02	70±1.70	0.39±0.02
Híbrido							
Cóndor	122±4.43	43±1.98	78±4.01	27±1.51	0.64±0.03	70±1.78	0.39±0.02
H48	117±5.18	39±1.86	73±3.36	24±1.24	0.63±0.03	69±2.69	0.36±0.02
H50	118±3.87	42±1.69	74±3.02	27±1.34	0.63±0.02	69±2.26	0.39±0.02
Fuente de variación	Valores de F						
Fecha de siembra (F)	0.94 ^{ns}	2.72 ^{ns}	4.27 ^{ns}	4.23 ^{ns}	1.84 ^{ns}	4.56 ^{ns}	5.03 ^{ns}
Nitrógeno (N)	34.26**	6.26*	14.66**	4.58 ^{ns}	0.48 ^{ns}	53.2**	0.61 ^{ns}
Densidad población (D)	2.23 ^{ns}	0.47 ^{ns}	25.02**	4.86 ^{ns}	6.23*	0.68 ^{ns}	0.93 ^{ns}
Híbridos (H)	0.73 ^{ns}	2.35 ^{ns}	1.05 ^{ns}	5.91**	0.34 ^{ns}	0.82 ^{ns}	2.97 ^{ns}
FxN	9.33 ^{ns}	1.17 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.02 ^{ns}	1.24 ^{ns}	0.27 ^{ns}	0.14 ^{ns}
FxD	0.57 ^{ns}	2.60 ^{ns}	1.55 ^{ns}	0.98 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.57 ^{ns}
NxD	0.20 ^{ns}	0.74 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.62 ^{ns}	0.48 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.01 ^{ns}
FxNxH	0.10 ^{ns}	0.26 ^{ns}	4.27 ^{ns}	0.62 ^{ns}	6.23*	0.04 ^{ns}	0.57 ^{ns}
FxDxH	2.06 ^{ns}	1.25 ^{ns}	0.18 ^{ns}	1.39 ^{ns}	0.53 ^{ns}	2.29 ^{ns}	2.43 ^{ns}
NxDxH	6.11**	0.50 ^{ns}	0.68 ^{ns}	2.84 ^{ns}	4.51*	10.13**	7.25**
DxDxH	0.86 ^{ns}	1.30 ^{ns}	0.83 ^{ns}	1.06 ^{ns}	0.74 ^{ns}	33.23**	7.81**
FxNxHxH	8.95**	7.58**	0.88 ^{ns}	1.89 ^{ns}	2.82 ^{ns}	25.83**	1.83 ^{ns}
FxDxHxH	1.13 ^{ns}	2.46 ^{ns}	2.04 ^{ns}	2.88 ^{ns}	6.48**	5.85 ^{ns}	6.61**
NxDxHxH	2.25 ^{ns}	0.84 ^{ns}	1.41 ^{ns}	2.04 ^{ns}	3.8 ^{ns}	0.08 ^{ns}	1.71 ^{ns}
FxNxHxDxH	5.51**	9.32**	0.42 ^{ns}	3.39 ^{ns}	6.87 ^{ns}	7.92 ^{ns}	1.50 ^{ns}

^{ns}Valores medios ± error estándar; ns, *, ** no significativo, significativo al 0.05 y 0.01, respectivamente, EFMS = eficiencia fisiológica del N en la producción de materia seca; EFG = eficiencia fisiológica del N en la producción de grano; EUNMS = eficiencia en el uso de nitrógeno en la producción de materia seca, EUNG = eficiencia en el uso de N en la producción de grano; FR = Fracción de recuperación de N; RGN = rendimiento de grano por unidad de N contenido en el grano; NGD = contenido de N en grano por unidad de N disponible en el suelo.

Conclusiones

La fecha de siembra, dosis de nitrógeno y densidad de población influyen directamente sobre el potencial de rendimiento y/o la eficiencia con que los híbridos de maíz de valles altos hacen uso del N disponible durante su ciclo de crecimiento. El retraso en la fecha de siembra reduce el potencial de rendimiento y la capacidad de extracción del N disponible en el suelo. Al aumentar la dosis de fertilización nitrogenada se eleva el potencial de rendimiento de grano pero se reduce la eficiencia en el uso de N. Al aumentar la densidad de población se incrementa la producción de materia seca y grano, elevándose la eficiencia en el uso de N debido a una mayor fracción de recuperación de este elemento. Los híbridos de maíz de valles altos presentan poca variación genética con relación a la eficiencia en el uso de nitrógeno.

Literatura citada

- Barbieri, P.A., H.E. Echeverría, H.R. Sainz Rozas, y F.H. Andrade. 2008. Nitrogen use efficiency in maize as affected by nitrogen availability and row spacing. *Agronomy Journal* 100: 1094-1100.
- D'Andrea K E, M. E. Otegui, A. G. Cirilo. 2008. Kernel number determination differs among maize hybrids in response to nitrogen. *Field Crops Research*. 105: 228-239.

- García O F y A. I. Ciampitti. 2007. Factores de conversión Plantilla de cálculo para convertir equivalencias químicas IPNI programa cono sur- International Plant Nutrition Institute.
- Novoa, R., y R.L. Loomis. 1981. Nitrogen and plant production. *Plant Soil* 58: 177-204.
- Raun, W.R. y G.W. Johnson. 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*. 91:357–363.
- SAS Institute. 1999. Statistical Analysis System version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.
- Uhart S A and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I Effect on crop growth development, partitioning, and kernel set. *Crop Science* 35:1376-1383.

EFFECTO DE LA LABRANZA, MANEJO DE RASTROJO Y FERTILIZACIÓN CON NITRÓGENO SOBRE EL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE TRIGO

Osorio Hernández, Victorino¹, Tijerina Chávez Leonardo¹, Govaerts Bram², Verhulst Nele³

¹ Colegio de Postgraduados, e mail: tijerina@colpos.mx

² Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y Trigo

³ Katholieke Universiteit Leuven, Department of Earth and Environmental Sciences.

Resumen

Se estudió la influencia que ejercen los residuos y los diferentes tipos de labranza y manejo de la fertilización sobre el contenido de humedad del suelo, desarrollo y rendimiento de trigo. Se presentan los resultados de un ensayo, realizado en el noroeste de México en el Centro Experimental Norman E. Borlaug en un suelo Chromic Haplotorrert (Hyposodic Vertisol (Calcaric, Chromic bajo en contenido de materia orgánica (< 1 %), en condiciones semiáridas. Se compararon prácticas agronómicas que difieren en tipo de labranza (camas permanentes y camas convencionales), manejo de rastrojo, (dejar, empacar ó quemar), dosis de fertilización de N bajo diferentes regímenes de riego y con rotación de maíz-trigo. Se midieron el contenido de humedad en el perfil (0-60 cm) antes y después de cada riego, el desarrollo del cultivo dos veces por semana (NDVI), y el rendimiento de grano. En este ensayo (iniciado en 1992), se observa un menor contenido de humedad en el perfil del suelo en camas convencionales con residuo incorporado y camas permanentes con residuo quemado comparado con camas permanentes reteniendo parte de los residuos. Cuando no se retienen los residuos, la disponibilidad de agua del suelo disminuye afectando el crecimiento del cultivo. El NDVI disminuyó y el rendimiento fue afectado cuando se siembra en camas permanentes con residuo quemado y camas convencionales con residuo incorporado, comparado con las camas permanentes reteniendo residuos.

Palabras clave: *Agricultura de Conservación, cama permanente, manejo de residuos vegetales.*

Abstract

We studied the influence of plant residues and different types of tillage and fertilization management on the soil moisture content, development and yield of wheat. We present the results of a trial, in northwestern Mexico in the Experimental Center Norman E. Chromic Borlaug Haplotorrert in soil (Vertisol Hyposodic (Calcaric, Chromic low organic matter content (<1%), in semiarid conditions. Agronomic practices were compared that differs in type of tillage (conventional and permanent beds), stubble management (leave, pack or burning), N fertilizer rates under different regimes of irrigation and corn-wheat rotation. The measured moisture content in the profile (0-60 cm) before and after each irrigation, development of the crop twice a week the Normalized Vegetation Index (NDVI), and grain yield. In this essay (begun in 1992), there is less moisture in the soil profile in conventional beds with residue incorporated and permanent beds with residue burning permanent beds compared to retaining some of plant residues. When not retained plant residues, soil water availability decreases affecting crop growth, the NDVI also decreased and the yield was affected when planted in permanent beds with residue burning and conventional beds with residue incorporated, compared with the permanent beds retaining plant residues.

Key Words: *Conservation agriculture, permanent beds, plant residues management*

Introducción

La productividad y fertilidad del suelo se está degradando abarcando más áreas agrícolas de México. La principal causa de la degradación de las tierras es la labranza, por que ocasiona una rápida desintegración de la materia orgánica y reduce disminuyendo la productividad del suelo (Govaerts *et al.*, 2009a). Una alternativa de manejo para mitigar los efectos del cambio climático es cambiar al sistema de Agricultura de Conservación que comprende tres principios básicos: la retención de niveles adecuados de residuos del

cultivo anterior, movimiento mínimo del suelo y la rotación diversificada de cultivos económicamente viables. Adoptando estas prácticas, los agricultores pueden ahorrar dinero, combustible, conservar ó mejorar los suelos, eficientar el uso de agua de riego. En Sonora, se encuentra aproximadamente 11% de la superficie bajo riego de todo México. En la región del Valle de Yaqui, localizado al sur del estado de Sonora, se siembra aproximadamente 255,000 hectáreas bajo riego usando principalmente el sistemas de riego por gravedad (siendo las fuentes de aprovechamiento de agua 80% de escurrimiento superficial y 20% de pozos profundos, (INIFAP, 2001). Los agricultores necesitan nuevas tecnologías de producción que incluyan menos laboreo, reducción de los costos de producción, manejo más sustentable del suelo y el uso continuo del sistema de riego por gravedad. En respuesta a estas necesidades, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo inicio un experimento a largo plazo en 1992 donde se evalúan prácticas comunes del agricultor contra sistemas de Agricultura de Conservación bajo riego. En esta parcela experimentalse evaluó el efecto de diferentes sistemas de labranza y manejo del rastrojo durante el ciclo otoño-invierno 2009-2010 sobre la retención de agua del suelo, el crecimiento del cultivo y el rendimiento de grano.

Materiales y Métodos

Caracterización del sitio experimental

Los ensayos se encuentran establecidos en el Campo Experimental Norman E. Borlaug (CENEB), localizado a 8 km al sur de Ciudad Obregón, Estado de Sonora, México (lat. 27.29° N, long.109.55° W, a 38 msnm). El tipo de suelo en el CENEB es una arcilla arenosa común, Chromic Haplotorrert (Hyposodic Vertisol (Calcaric, Chromic)), bajo en materia orgánica (<1%) y ligeramente alcalino (pH 7.7). La temperatura anual promedio es de 24.7 °C (1981–2000) y el promedio anual de lluvia es 384 mm. La evapotranspiración excede la precipitación en todo el año con un total de 2233.8 mm, la temporada de lluvias es de Junio a septiembre.

Descripción del experimento

El experimento a largo plazo se inicio en 1992. El trigo y maíz son de riego con rotación anual. Ambos cultivos se sembraron en camas de 0.75 m con trigo en dos hileras sembrados a 22 cm de separación y maíz en una hilera; cada subparcela tenía 8 camas de 6.0 m de ancho y 13 m de largo. En el ciclo de invierno 2009/2010 se sembró la variedad de trigo Samayoa C2004, una variedad de trigo duro (*Triticum durum* L.) que se caracteriza por su resistencia a la roya de la hoja (*Puccinia recondita*). La densidad de siembra es de 130 kg/ha. La fecha de siembra fue el 9 de diciembre de 2009 (19 días después del riego de presiembra). La fecha del 50% de emergencia fue día 18 de diciembre (8 días después de la siembra), la fecha de inicio de floración fue el 17 de febrero de 2010 (78 días después de la siembra). Los tratamientos se aplicaron en un diseño de bloques completamente al azar en parcelas divididas con tres repeticiones, donde las parcelas principales incluyen combinaciones de labranza y manejo de residuos, y la parcela chica tratamientos de fertilización de nitrógeno (N).

Se probaran cinco tratamientos con diferentes manejos de rastrojo y labranza: diferenciados en camas convencionales (CC) con labranza y camas permanentes (CP) sin labranza con cuatro manejos de residuos de cosecha anterior, **1. CC-residuo incorporado.** Labranza convencional, con camas que se forman después de cada cultivo. Los residuos de trigo y maíz son incorporados con el arado. **2. CP-residuo quemado.** Cero labranza con una continúa reutilización de las camas existentes, que son reformadas tanto como sea necesario. Los residuos de ambos cultivos trigo y maíz son quemados. **3. CP-residuo removido.** Cero labranza con una continúa reutilización de las camas existentes, que son reformadas tanto como sea necesario. Se remueven todos los residuos de maíz y se remueven solo los residuos de trigo cortados por la trilladora. **4. CP-residuo parcialmente removido.** Cero labranza con una continúa reutilización de las camas existentes, que son reformadas tanto como sea necesario. Los residuos de maíz son removidos para empacarse y la paja de trigo se deja en la superficie del suelo. **5. CP-residuo retenido.** Cero labranza con una continúa reutilización de las camas existentes, que son reformadas tanto como sea necesario. Los residuos de maíz y trigo se dejan en la superficie del suelo. El manejo del N

comprende siete diferentes tratamientos de dosis y tiempo de aplicación sin embargo en este trabajo se analizaron tres tratamientos. El N es aplicado como urea al fondo del surco e incorporado a través del riego. Cada año el trigo y el maíz reciben $45 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ y se colocan en banda en el surco e incorporadas por la labranza cuando se reforman las camas. Los tratamientos de N son: A) 0 kg N ha^{-1} . B) 150 kg N ha^{-1} en banda en el surco en la etapa de primer nudo. C) 300 kg N ha^{-1} en banda en el surco en la etapa de primer nudo.

Riego

El sistema de riego empleado fue riego por gravedad utilizando tubería multicompuertas. En el ciclo agrícola 2009-2010 se aplicó un riego de presembrado (20/11/2009) y 4 riegos de auxilio: Primer auxilio en la etapa de macollamiento (21/01/2010); el segundo riego en la etapa de encañe cuando tenía de 2 a 3 nudos 19/02/2010; el tercer riego de auxilio en la etapa de espigamiento y floración 10/03/2010 y el cuarto riego en la etapa de grano lechoso-masoso 26/03/2010. En las camas se aplicó un herbicida sistémico no selectivo (Faena Fuerte ®: Glifosato) aplicándose en la preemergencia (10-12-09) del cultivo. Se hizo una aplicación (Perfekthion ®, ingrediente activo: Dimetoato; $750 \text{ cm}^3 \text{ ha}^{-1}$) para el control del pulgón de la hoja (*Schizaphis graminum* Rond).

Contenido de humedad del suelo

El contenido de humedad del suelo se determinó un día antes de cada riego, una semana después del riego y una vez más entre riegos en las parcelas con una aplicación basal de 0 y 300 kg N ha^{-1} y cada semana en parcelas con una aplicación basal de 150 kg N ha^{-1} . Dos muestras de cada profundidad (0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm, 45-60 cm) fueron tomadas por parcela y fueron mezcladas por profundidad para obtener una muestra compuesta. Para hacer la determinación del contenido de humedad del suelo se utilizó el método gravimétrico.

Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI)

Se usó un instrumento manual equipado con un sensor óptico —GreenSeeker™— marca NTech Industries, Inc. Para recolectar mediciones del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) se utilizó la metodología descrita por Govaerts, (2007); este implemento utiliza una técnica patentada para medir la reflectancia del cultivo y para calcular el NDVI. El dispositivo del sensor tiene un sistema de emisión activo propio en ambas bandas, la banda roja ($650 \pm 10 \text{ nm}$) y la banda del infrarrojo cercano (Near Infrared, NIR, $770 \pm 15 \text{ nm}$). El dispositivo mide la fracción de radiación emitida a la superficie que detecta y regresa al sensor (reflectancia). Estas fracciones se usan dentro del software del equipo para calcular el NDVI.

Rendimiento de trigo.

En este trabajo únicamente se evaluaron 3 niveles de N: 0, 150, y 300 Kg ha^{-1} . La cosecha se realizó solo en las dos camas centrales de cada parcela chica utilizando una trilladora. Se determinó el peso seco del grano y el área de cosecha y se convirtió a peso de grano por hectárea a 12% de H_2O . El análisis de varianza se realizó como parcelas divididas con el paquete SAS PROC MIXED.

Nomenclatura de los tratamientos

Para abreviar espacio, a continuación se indica el significado de la nomenclatura utilizada para indicar los tratamientos de labranza: CC = camas convencionales, CP = camas permanentes, RIN = rastrojo incorporado, RQ = rastrojo quemado, REM = rastrojo removido, RPR = rastrojo parcialmente removido, RET = rastrojo retenido.

Resultados y discusión

Contenido de humedad del suelo

De acuerdo con los resultados mostrados en las figuras 1 a, 1b y 1c, se observa un menor contenido de humedad en el perfil del suelo en las camas convencionales con residuo incorporado y camas permanentes con residuo quemado en comparación con las camas permanentes reteniendo parte de los residuos. Por otra parte se observa una mayor disminución del contenido de humedad del suelo a medida que se incrementa la dosis de fertilización de 0 a 150 kg N ha^{-1} debido a que las plantas se desarrollaron más; sin embargo entre los tratamientos con 150 y 300 kg N ha^{-1} prácticamente no hay diferencias.

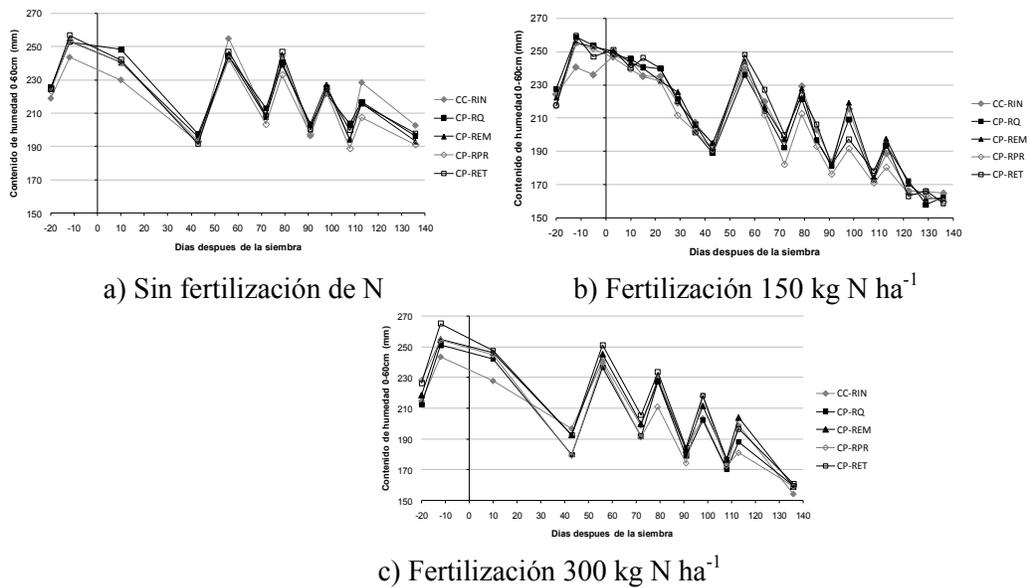


Figura 1. Efecto de los sistemas de labranza y manejo de rastrojo sobre el contenido de humedad del suelo durante el ciclo de cultivo de trigo con diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada.

Diferencia Normalizada del Índice Vegetativo (NDVI)

Al comparar las figuras 2a, 2b y 2c se observa que el NDVI disminuyó cuando se siembra en camas permanentes con residuo quemado y camas convencionales con residuo incorporado comparado con las camas permanentes reteniendo residuos.

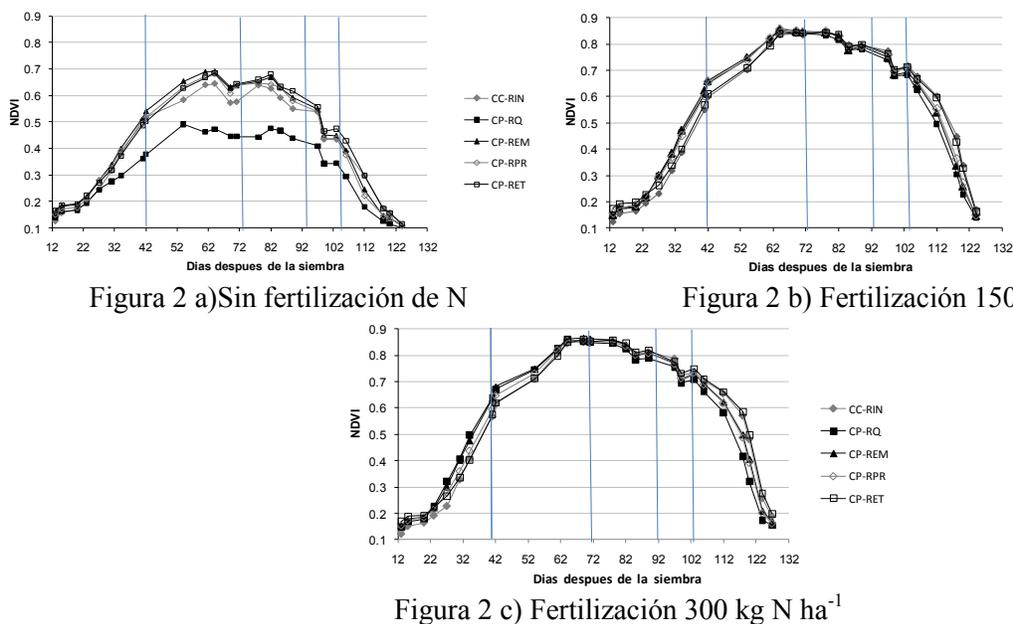


Figura 2. Efecto de los sistemas de labranza y manejo de rastrojo sobre el NDVI durante el ciclo de cultivo de trigo con diferentes tratamientos de fertilización nitrogenada. Las líneas verticales corresponden a las fechas de riego.

Con aplicación de 150 y 300 kg N ha⁻¹, el crecimiento del cultivo es más lento al inicio del ciclo en CC-residuo incorporado y CP residuo-quemado en comparación a camas permanentes reteniendo los residuos, pero a la mitad del ciclo, el crecimiento es más lento en CC-residuo incorporado y CP-reteniendo residuo, comparado con CP-residuos parcialmente removidos. En el período final, no hay diferencias entre los tratamientos.

Rendimiento de grano

En la Figura 3 se observa que debido a la pérdida de la materia orgánica el rendimiento en los tratamientos sin fertilización y residuo quemando se ven severamente afectados; Sayre *et al.* (2006) sostiene que si se deja en el terreno al menos 30-40% de los residuos, son suficientes para proporcionar una buena cobertura sobre del terreno beneficiando la calidad del suelo y reflejándose a un corto plazo en el rendimiento.

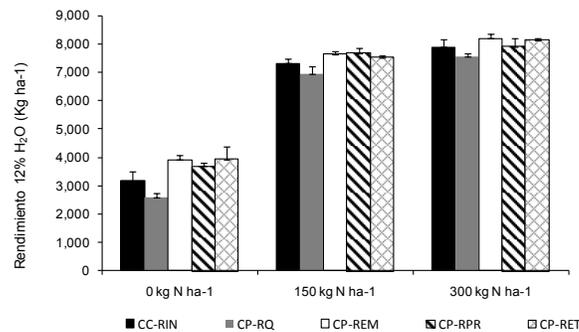


Figura 3. Rendimiento de grano de trigo (kg ha⁻¹ 12 % H₂O) con diferentes manejos de residuos y labranza con aplicación basal en banda de 0 kg N ha⁻¹, 150 kg N ha⁻¹ y 300 kg N ha⁻¹ durante todo el ciclo. Las barras del error representan la desviación estándar.

El rendimiento promedio de grano de trigo manejado a 0 kg N ha⁻¹ es significativamente más bajo (3.46 t ha⁻¹) comparado con 150 kg N ha⁻¹ y 300 kg N ha⁻¹ (P<0.05; Figura 3). Cuando es manejado con 300 kg N ha⁻¹ el rendimiento promedio es significativamente más alto (7.8 t ha⁻¹) comparado con 0 kg N ha⁻¹ (P<0.05). La diferencia de aplicar 150 y 300 kg N ha⁻¹ se refleja en el rendimiento de grano, cuando se realiza aplicación basal de 300 kg N ha⁻¹ el rendimiento únicamente aumento 500 kg ha⁻¹, con respecto de 150 kg N ha⁻¹; por tanto no se considera rentable la aplicación basal de 300 kg N ha⁻¹ debido a que la retención de los residuos de los cultivos sobre la superficie junto con las camas permanentes son un factor esencial para mejorar los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo que son de suma importancia para asegurar la sustentabilidad de la producción a largo plazo.

Conclusiones

La influencia que tiene la retención de residuos se refleja en el contenido de humedad del suelo: En el tratamiento de CP-residuo quemado se observa menor contenido de humedad en el perfil del suelo, el desarrollo del cultivo se ve severamente afectado. Con aplicación de 150 y 300 kg N ha⁻¹, el crecimiento del cultivo es más lento al inicio del ciclo en CC-residuo incorporado y CP residuo-quemado en comparación a camas permanentes reteniendo los residuos, pero posteriormente, el crecimiento es más lento en CC-residuo incorporado y CP-reteniendo residuo, comparado con CP-residuos parcialmente removidos. En el período final, no hay diferencias entre los tratamientos. El rendimiento en camas permanentes reteniendo (parte de) los residuos es más estable comparado a camas convencionales con residuos incorporados.

Literatura citada

Govaerts, B., K. D. Sayre, B. Goudeseune, P. De Corte, K. Lichter, L. Dendooven, J. Deckers. 2009a. Conservation agriculture as a sustainable option for the central Mexican highlands. *Soil & Tillage Research*. 103: 222–230

- INIFAP. 2001. Guía técnica para los cultivos del área de influencia del campo experimental Valle del Yaqui. Comité editorial CEVY. Pp. 282
- Sayre, K.D., Govaerts, B., Limón-Ortega, A., Martínez., A., y Cruz, M., 2006. Adopción de sistemas de siembra de trigo en camas permanentes y riego en el noreste de México después de 14 años. Memoria del 1er. Foro de Producción y Comercialización de Trigo en Guanajuato. Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo experimental Bajío, Celaya, Gto., México. pp. 111-118. (Memoria Científico).

PRODUCCIÓN DE TOMATE EN SUSTRATOS ORGÁNICOS BAJO INVERNADERO

Piña Ramírez Francisco Javier¹, Soto Parra Juan Manuel¹, Yáñez Muñoz Rosa María¹, García Muñoz Silvia Amanda¹, Flores Plascencia J. Baldemar¹, Pérez Leal Ramona¹, Salazar Sosa Enrique²

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua¹.

E-mail: fpinar615@hotmail.com

²Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango

Resumen

El tomate es uno de los cultivos de mayor importancia económica tanto a nivel nacional como internacional. A finales del 2003 la superficie con estructuras de protección fluctuaban en las mil 500 hectáreas, de las cuales el 70% se cultivaban con tomate de diferentes tipos. Ante la presión social para tener alimentos más limpios con un mayor cuidado del ambiente aún bajo agricultura protegida, adquiere especial importancia el uso de sustratos orgánicos que permitan disminuir el uso de fertilizantes de síntesis en las soluciones nutritivas en tomate bajo invernadero. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción del tomate bajo invernadero mediante la adición de materia orgánica con el propósito de reducir el uso de fertilizantes inorgánicos. La mayor producción fue de 17.65 kg m² con 40 kg m² de composta. Al utilizar 70% de la solución nutritiva se obtuvo una producción de 21 kg m². Conforme aumentó la cantidad de composta solarizada se redujo la producción. La producción combinada con composta, composta solarizada y solución nutritiva fue de 15 a 32 kg m², con una relación entre ellos desde 30 a 15 kg m² para las dos primeras y de 44 a 30% de la solución nutritiva.

Palabras clave: *Composta, composta solarizada, solución nutritiva, estructura Taguchi L25*

Abstract

Tomato is a crop of major economic importance both nationally and internationally. In late 2003 the surface with protective structures ranged in 500 hectares, of which 70% is cultivated with tomatoes of different types. Given the social pressure to get clean foods with greater care of the environment even under protected agriculture is especially important to use organic substrates that may decrease the use of fertilizer synthesis in nutrient solutions in greenhouse tomatoes, the goal of this study was to evaluate the production of greenhouse tomatoes by adding organic matter in order to reduce the use of inorganic fertilizer. Increased production was 17.65 kg with 40 kg m² compost. By using 70% of the nutrient solution obtained a production of 21 kg m². As the amount of compost production was reduced solarized. Combined with compost, compost and nutrient solution was solarized from 15 to 32 kg m², with a relationship between them from 30 to 15 kg m² for the first two and 44 to 30% of the nutrient solution.

Key Words: *Compost, compost solarized, nutrient solution, Taguchi L25 structure*

Introducción

El cultivo de tomate a nivel mundial en 2006 alcanzó una superficie de 31 millones de ha. En México, de 102,802 ha cultivadas en el 2000, pasó a 545,000 ha en 2007 (Schwentenius y Gómez, 2007). Desde 1976 al 2004, ha tenido un aumento considerable en superficie bajo invernadero. A finales del 2003 la superficie con estructuras de protección fluctuaban en las mil 500 hectáreas y de estas alrededor del 70% se cultivaban con tomate de diferentes tipos. El estado de Chihuahua aportó un volumen de producción de tomate para el 2004 de 25,854 toneladas con rendimiento por hectárea de 26.7 toneladas y la superficie dedicada a este cultivo fue de 971 hectáreas para el estado (SIACON, 2004). El estiércol es más barato que los fertilizantes químicos, y preparado, contiene ciertas sustancias que jamás podrán ser sustituidas por estos (López y Díaz, 2005). No obstante, su contenido de nutrientes para las plantas varía de manera notable según sea su procedencia, preparación, oportunidad y sistema de aplicación en el suelo (Salazar *et al.*, 2002). La solarización tiene un complejo modo de actividad que puede controlar un amplio espectro de patógenos del suelo y estiércol, así como de malezas, insectos y nematodos. Algunas de sus grandes

ventajas es que este procedimiento de tratamiento de estiércol, puede ser exitosamente combinado con otras medidas de control y sustituir el uso del *bromuro de metilo* (Salazar, 2005). La producción de hortalizas en invernadero tiene un gran auge por la facilidad en el manejo de las condiciones ambientales (Márquez y Cano, 2004). Sin embargo, el desarrollo de los cultivos en este sistema demanda el uso de fertilizantes inorgánicos disueltos en soluciones nutritivas, aplicadas en algunas ocasiones a través de riego por goteo (Moreno, 2002). La agricultura orgánica ha tenido un gran auge, en los años 90 del siglo pasado, tanto la producción como el consumo se expanden rápidamente, alcanzando tasas de crecimiento por arriba del 25%. Una alternativa es el uso de sustratos orgánicos para proveer los nutrientes que requiere el cultivo (Mathers, 1982). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción del tomate bajo invernadero mediante la adición de materia orgánica con el propósito de reducir el uso de fertilizantes inorgánicos.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en un invernadero medianamente automatizado, con una superficie de 760 m², del cual se utilizó una superficie para dicho trabajo de 37 m², durante el periodo de julio de 2009 a mayo de 2009. La variedad de tomate utilizado fue Brillante, de hábito de crecimiento indeterminado. La siembra de la semilla se realizó el día 15 de julio de 2009 en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como medio de germinación Peat Moss. El trasplante se efectuó el día 4 de septiembre del 2009, en bolsas de polietileno negro de 40 x 40 cm con capacidad de 16 litros, equivalentes a 20 kg de sustrato arena de río. Se utilizó una estructura Taguchi L25 con 6 repeticiones, cada repetición consistió en una planta, los factores y niveles se indican en el Cuadro 1. Desde que se realizó el trasplante y durante una semana, los riegos fueron diarios y sin solución nutritiva, aplicándoles a cada planta 300 ml de agua. A la semana del trasplante, se les aplicó la solución nutritiva, iniciando con 300 ml, aumentando el volumen a medida que se fueron desarrollando las plantas hasta aplicar dos litros de solución nutritiva, cuando las plantas estaban en plena producción; la solución nutritiva se aplicó dependiendo del estado vegetativo en que se encontraba la planta. El sistema de riego utilizado fue por medio de goteo, con una distancia de perforación entre planta y planta de 30 cm.

Cuadro 1. Factores y niveles estructura Taguchi L25

	Factores		
	Composta kg m ²	Composta solarizada kg m ²	Solución nutritiva %
Niveles	0	0	100
	20	20	75
	40	40	50
	60	60	25
	80	80	0

Resultados y discusión

La superficie de respuesta máxima estimada se presenta en el Cuadro 2, la producción óptima fluctuó de 15.6 hasta 32 kg m², asociado con niveles decrecientes de composta, composta solarizada y solución nutritiva, siendo de 29.6 a 14.6 t ha, 29.0 a 13.6 t ha y 43.8 a 30.1 %, respectivamente, observándose que realmente es factible obtener buena producción al disminuir el uso de fertilizantes inorgánico y abonos orgánicos. La producción media fue de 17.6 kg m², la cual se encuentra por encima de la estimada a nivel nacional. En 2003, el rendimiento promedio de tomate de invernadero en México se estimó en 156 t ha⁻¹, mientras que en los EUA y Canadá fue de casi 500 t ha⁻¹ (Cook y Calvin, 2005).

En el análisis canónico (Cuadro 3), el primer eigenvector (con orientación valle de la silla por su signo positivo) estuvo asociado con composta, composta solarizada y solución nutritiva (mayor de 70% de la variabilidad total) mostrando que tiene un efecto tangible la producción con la aplicación de abonos

orgánicos en mayor proporción que la solución nutritiva, el siguiente eigenvector fue de signo negativo (orientación colina de la silla) asociado con la solución nutritiva, cuyo eigenvector represento el 100% de la variabilidad, asociado con el eigenvalor de mayo peso para la solución nutritiva, presenta una interacción significativa en el análisis de regresión, lo que refleja el incremento de la producción con niveles deficientes de composta hasta 14.6 kg m², composta solarizada hasta 13.6 kg m² y solución nutritiva hasta 30.1% (Cuadro 2).

Cuadro 2. Superficie de repuesta máxima¹ estimada para producción².

Producción estimada	Error estándar	Factores		
		Composta	Composta Solarizada	Solución Nutritiva
15.55	0.618	29.579	29.0	43.8
17.44	0.562	27.058	26.4	41.4
19.68	0.640	24.548	23.8	39.2
22.25	0.863	22.044	21.2	36.9
25.16	1.187	19.546	18.7	34.6
28.41	1.583	17.050	16.1	32.4
32.00	2.036	14.557	13.6	30.1
17.6	21.4			
Valores críticos		40.0	40.0	50.0

¹Análisis de cordillera (Ridge); ²kg m².

La regresión de la Figura 1, mostró una relación significativa de tipo cuadrático entre la producción y los niveles de composta, el cual al aumentar la composta hasta 40 kg m² se obtuvo una tendencia al incremento en la producción, estimándose una respuesta máxima de producción de 17.7 kg m², sin embargo al aumentar la dosis de composta por encima de los 40 kg m² tiende a disminuir la producción, hasta 17.6 kg m². Dicho tratamiento tuvo una cantidad de composta del 0.98 % en el sustrato. Los resultados contrastan con los obtenidos por Subler *et al.* (1998) estos autores mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de vermicomposta, entre 10 y 20%. Aunado a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2000) señalan que al usar más de 20% de composta en el sustrato, hay un decremento en el rendimiento de la planta.

Cuadro 3. Análisis canónico para producción.

Eigenvectores	Eigenvalores		
	Composta	Composta Solarizada	Solución Nutritiva
16.9305	0.6204	0.6332	0.4628
0.4106	0.7137	-0.7004	0.0015
-4.6134	-0.3251	-0.3294	0.8865

Color gris, eigenvalores respectivos de mayor peso

En la Figura 2, el análisis de regresión se observó una relación altamente significativa de tipo lineal entre la producción y los niveles de composta solarizada, la cual nos revela que la dosis más bajas de composta solarizada, muestra una producción mayor hasta de 18.3 Kg por m², entre más composta solarizada por m² que se aplique obtendremos un decremento en la producción significativo. El análisis de regresión en la Figura 3, nos muestra que una relación altamente significativa de tipo cuadrática entre la producción y los porcentajes de la solución nutritiva, el cual al aumentar el porcentaje de la solución nutritiva hasta una dosis de 70% se obtiene una tendencia al incremento en la producción, estimándose su respuesta máxima de 21 kg m².

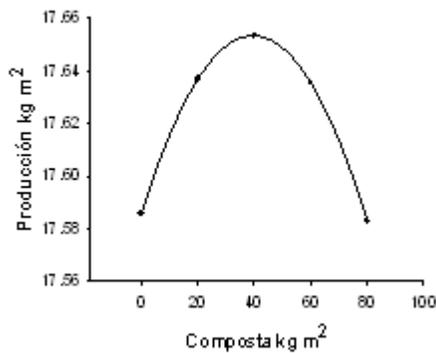


Figura 1. Efecto de composta sobre producción

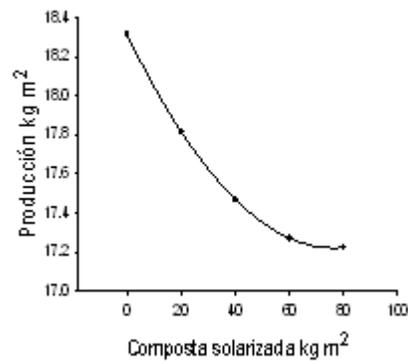


Figura 2. Efecto de la composta solarizada sobre producción

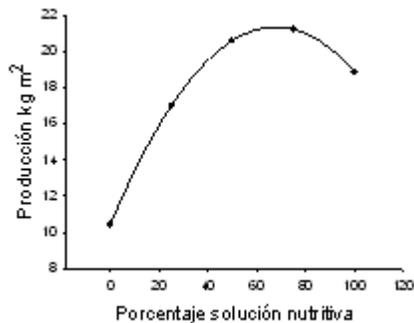


Figura 3. Efecto de la solución nutritiva sobre producción

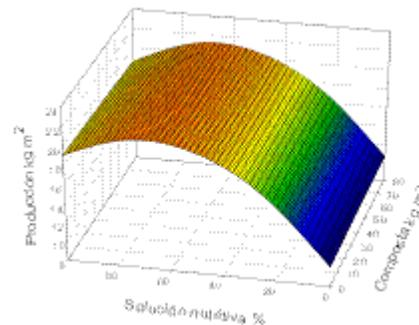


Figura 4. Relación entre composta y solución nutritiva sobre producción

La Figura 4 presenta una relación de tipo lineal y cuadrático, donde al aumentar la dosis de solución nutritiva aumenta la producción hasta 21 Kg m², dicha producción se encuentra en un porcentaje de 70% con respecto a la solución nutritiva, donde al aplicar una mayor cantidad de solución nutritiva por encima del 70%, la producción disminuye. La composta bajo el aporte de la solución nutritiva tuvo una producción de 21 Kg m² pero al aumentar las dosis de composta y de solución nutritiva por encima del 40 Kg m² de composta y 70% de la solución nutritiva la producción tiende a decaer. El sustrato, deberá aportar cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es mezclar composta con medios inertes (Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004). La composta solarizada bajo el efecto de la solución nutritiva sobre producción (Fig. 5), el análisis de regresión nos muestra una relación de tipo lineal y cuadrática, la composta solarizada al aumentar la dosis baja la producción, sin embargo con ambas dosis la producción aumento hasta 21 Kg m², esto debido a la solución nutritiva. La composta bajo el efecto de la composta solarizada sobre la producción en su análisis de regresión nos muestra una relación de tipo lineal (Fig. 6), donde al aumentar la dosis de composta solarizada hasta 80 Kg m², baja la producción hasta 13 kg m², y la al ser aumentada hasta un 80 Kg m², tiende a disminuir la producción hasta 14 Kg m², pero al interactuar ambas dosis la producción aumento hasta un 21 Kg m², siendo los niveles tanto de composta, como de composta solarizadas de 80 kg m², para ambas.

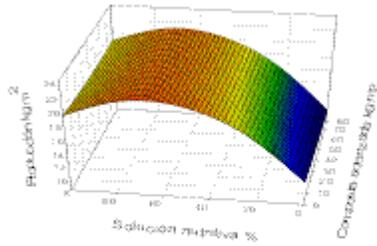


Figura 5. Relación entre composta solarizada y solución nutritiva sobre producción

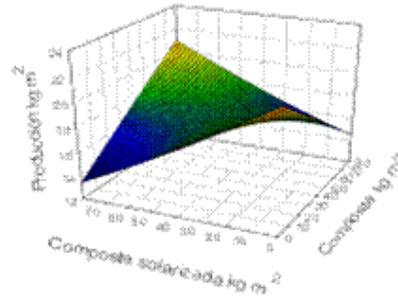


Figura 6. Relación entre composta y composta solarizada sobre producción

Conclusiones

La mayor producción fue de 17.65 kg m^{-2} con 40 kg m^{-2} de composta. Al utilizar 70% de la solución nutritiva se obtuvo una producción de 21 kg m^{-2} . Conforme aumentó la cantidad de composta solarizada se redujo la producción. La producción combinada con composta, composta solarizada y solución nutritiva fue de 15 a 32 kg m^{-2} , con una relación entre ellos desde 30 a 15 kg m^{-2} para las dos primeras y de 44 a 30% de la solución nutritiva, por lo que se pueden obtener altos rendimientos con la utilización moderada de sustratos orgánicos.

Literatura Citada

- Atiyeh R., M.; Arancon, N.; Edwards C., A. and Metzger J., D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75:175-180.
- Castellanos JZ. 2004. Manual de Producción Hortícola en Invernadero. 2ª Ed. Celaya, Guanajuato. 468 p.
- Castillo, E. A; Quarin, H. S; Iglesias, C. M. 2000. Caracterización química y física de composta de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica (Chile)* 60: 74-79.
- Cook R., Calvin L. 2005. Greenhouse tomatoes change the dynamics of the North American fresh tomato industry. Economic Research Report. Number 2 ERS. USDA. 81 p. <http://www.ers.usda.gov/publications/err2/>. Consultado en Agosto de 2005.
- López, M. J. D. y Díaz E. A. 2005. Efecto de abonos orgánicos sobre humedad del suelo y rendimiento en maíz (*Zea mays* L.). *AGROFAZ* Vol. 1, p 1-8.
- Márquez H. C. y Cano R. P. 2004. Producción de tomate orgánico en invernadero. Segundo Simposium Internacional de producción de cultivos en invernadero. Fundación UANL y Facultad de Agronomía UANL.
- Mathers A. C. 1982. Efecto de la aplicación de los estiércoles sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos. Primer Congreso Internacional sobre Utilización de Estiércol en la Agricultura. Torreón. Coah., México.
- Moreno R. A. 2002. Efecto de la vermicomposta en el chile chilaca (*Capsicum annum* L.) bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura www.uaan.mx/academic/Horticultura7Memhort03/cartel.01.pdf.
- Salazar S. E., Vásquez V. C. y Rivera O. O. 2002. Manejo y biodegradación del estiércol bovino en la Comarca Lagunera. XV Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo.
- Schwentesius, R. R., Gómez C. M. A., Blas, B. H., México Orgánico. Experiencias, Reflexiones, Propuestas. Universidad Autónoma de Chapingo, 2007
- SIACON. 2004. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta-SAGARPA. México.
- Subler, S.; Edwards C., A. and Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle* 39: 63-66.

CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO EN LA PRECIPITACION Y EL ESCURRIMIENTO DE PARCELAS CON MAÍZ Y MANEJOS ORGANICO Y CONVENCIONAL

Cristóbal Acevedo David, Hernández Acosta Elizabeth, Álvarez Sánchez María Edna, Corlay Chee Langen

Departamento de Suelo, Universidad Autónoma Chapingo. E-mail:cristobalacevdo@yahoo.com.mx

Resumen

El N es importante pues interviene en la producción de cultivos y puede producir impactos negativos al ambiente. Para determinar si las concentraciones de nitratos (NO_3^-), amonio (NH_4^+) y nitrógeno mineral (Nmin) en la precipitación y el escurrimiento de parcelas con manejo orgánico (MO) y convencional (MC) cambiaban después de nueve años, se realizó un experimento estableciendo maíz desde el año 2001 en dos áreas, una con MO y otra con MC, en cada área se establecieron parcelas de escurrimiento y pluviómetros. Se realizaron muestreos diarios de agua y se determinaron las concentraciones de NO_3^- y NH_4^+ . Con los datos obtenidos se obtuvieron las medidas de tendencia central y de dispersión. Los resultados mostraron que las concentraciones promedio de N en forma de NO_3^- , NH_4^+ y Nmin en el agua de lluvia fueron mayores para el año 2010 en comparación con el año 2001. Las concentraciones medias de NO_3^- en el escurrimiento para los años 2001 y 2010 fueron mayores para el MC, en el caso del NH_4^+ y Nmin fueron semejantes. Las conclusiones fueron que se tuvo efecto del desarrollo de la zona sobre las concentraciones de NO_3^- , NH_4^+ y Nmin en el agua de precipitación, pues éstas se incrementaron al pasar del año 2001 al 2010. Los sistemas de producción orgánicos fueron una alternativa para reducir las salidas de N en forma de NO_3^- , por una menor concentración media en el agua de escurrimiento.

Palabras clave: Nitratos, amonio, concentración

Abstract

Nitrogen is important because it is involved in crop production and can produce negative environmental impacts. To determine if concentrations of nitrate (NO_3^-), ammonium (NH_4^+) and mineral nitrogen (Nmin) in precipitation and runoff plots under organic management (MO) and conventional management (MC) changed after nine years, it performed corn experiments established since 2001 in two areas, one with MC and another with MO, in every area runoff plots and rain gauges were established. Samples were taken daily and water concentrations of NO_3^- and NH_4^+ were determined. With the data were obtained measures of central tendency and dispersion. The results showed that the average concentrations of N as NO_3^- , NH_4^+ and Nmin in rain water were higher in 2010 compared to 2001. The mean concentrations of NO_3^- in the runoff for the years 2001 and 2010 were higher for the MC, in the case of NH_4^+ and Nmin were similar. The conclusions were that it had the effect of development in the area on concentrations of NO_3^- , NH_4^+ and Nmin in the precipitation water as they increased from 2001 to 2010. Organic production systems were an alternative to reduce the output of N as NO_3^- by a lower average concentration in runoff water.

Key Words: Nitrate, ammonium, concentration

Introducción

El N es uno de los elementos que más estudia en la actualidad debido a que tiene impacto como elemento esencial en la producción de cultivos y como un agente que puede causar impactos ambientales tanto en el suelo como a la atmósfera (Elliott *et al.*, 2009). En el caso de la atmósfera éste se encuentra formando parte de la misma como producto de las emisiones contaminantes debido a diversas actividades antropocéntricas (Delon *et al.*, 2007). Las concentraciones de nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) y nitrógeno mineral (Nmin) son variables y dependen del grado de alteración del entorno por las actividades del hombre, de tal manera que un incremento de las concentraciones, denotan un mayor impacto contaminante, no solo por compuestos relacionados con el N sino también por otros (Sutton *et al.*, 2007).

Havlin *et al.* (1999) indican que la cantidad de nitrógeno en la precipitación varía de 1.12 a 56 Kg ha⁻¹ año⁻¹ dependiendo de la localidad, los cambios pueden darse por las actividades industriales y por el incremento de la población humana y animal. Las cantidades de nitrógeno atmosférico son una consecuencia del aumento de la población (Galloway *et al.*, 2008). Las emisiones antropogénicas de NOx son mejor cuantificadas que las emisiones naturales, y las emisiones de NH₃ de todas las fuentes y en todas las escalas siguen siendo en gran medida inciertas (Sutton *et al.*, 2007). Por otra parte en relación con las prácticas que ayudan a mantener este equilibrio en los ecosistemas agrícolas utilizados por el hombre, se tiene la agricultura orgánica que solo utiliza residuos de cosecha para aportar N al suelo en comparación con la agricultura convencional que adiciona fertilizantes de síntesis química. El consumo mundial de fertilizantes sintéticos N más la aplicación de estiércol y cultivo de la tierra está causando problemas regionales y mundiales sobrecarga de N (Moffatt, 1998), numerosos estudios han demostrado que las pérdidas de N de la superficie cultivable de agua pueden ser considerables (Rivett *et al.*, 2008). En la última década, se ha dado una gran preocupación por la pérdida de nutrientes de los sistemas agrícolas, las consecuencias de esas pérdidas se manifiestan en la salud y la sostenibilidad de los ecosistemas acuáticos (Carpenter *et al.*, 1998). El campo agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo y su entorno hace nueve años no tenía la presión demográfica que en la actualidad tiene, esta presión es resultado del crecimiento generalizado en el municipio de Texcoco y de la zona conurbada de la Ciudad de México. Por lo que se cree que el patrón de emisiones se ha incrementado y por lo tanto las concentraciones de N en el agua de lluvia han aumentado. Por lo anterior el objetivo de este estudio fue determinar el comportamiento de las concentraciones de NO₃⁻ y NH₄⁺ y su suma nitrógeno mineral (Nmin) en el agua de lluvia y escurrimiento en dos tiempos con un intervalo de nueve años, para determinar si el crecimiento poblacional y las actividades de manejo como la agricultura orgánica alteraban su comportamiento.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México, en la Granja Orgánica "Efraím Hernández Xolocotzin", ubicada a 19° 29' 00" de Latitud Norte y 98° 53' 00" de Longitud Oeste, a una altura de 2250 m. De acuerdo con García (1988), el clima está clasificado como C(w₀)(w)b(i)g, que corresponde al templado subhúmedo con precipitación media anual de 645 mm y una temperatura promedio anual de 15 °C con heladas tempranas a fines de septiembre y tardías en abril. En los lotes B16 y B6 del Campo Agrícola manejados en forma orgánica (solo con adición de residuos de cosecha del ciclo anterior) y convencional (aportación de fertilizantes minerales) respectivamente, se sembró maíz en el mes de mayo de los años 2001 y hasta el año 2010. En cada uno de los lotes en los años 2001 y 2010 se instalaron tres parcelas de escurrimiento con sus respectivos tanques para almacenar el escurrimiento y poder cuantificarlo y dos pluviómetros para recolectar y cuantificar el agua de lluvia diariamente, tomando muestras en frascos de polipropileno de 100 ml. Las muestras se colocaron en un refrigerador para posteriormente realizar la determinación de NO₃⁻ y NH₄⁺ lo que se realizó por destilación por arrastre de vapor Bremner, (1965). Con los datos obtenidos de las concentraciones (mg L⁻¹) de NO₃⁻ y NH₄⁺ de la lluvia (Pr) y el escurrimiento (Esc) se procedió a obtener sus parámetros de tendencia central y dispersión, realizar las gráficas correspondientes para analizar el comportamiento de las concentraciones de NO₃⁻ y NH₄⁺ en el tiempo. Una vez que se tuvieron los datos se ajustó el periodo a analizar, quedando éste del 22 de junio al 27 de septiembre (97 días) para el año 2001 y del 23 de junio al 29 de septiembre (98 días) para el año 2010, con 47 y 61 eventos de lluvia respectivamente. Los eventos de escurrimiento fueron 21 para el año 2001 y 17 para el año 2010. Las variables a analizar fueron: nitrato en la precipitación (NO₃⁻-Pr), amonio en la precipitación (NH₄⁺-Pr), nitrógeno mineral en la precipitación (Nmin-Pr), nitrato en el escurrimiento de la parcela orgánica (NO₃⁻-Esc-O), nitrato en el escurrimiento de la parcela convencional (NO₃⁻-Esc-C), amonio en el escurrimiento de la parcela orgánica (NH₄⁺-Esc-O), amonio en el escurrimiento de la parcela convencional (NH₄⁺-Esc-C), nitrógeno mineral en el escurrimiento de la parcela orgánica Nmin-Esc-O, nitrógeno mineral en el escurrimiento de la parcela convencional (Nmin-Esc-C)

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se puede observar que las concentraciones promedio (\bar{x}) de N en forma de NO_3^- , NH_4^+ y Nmin en el agua de lluvia fueron mayores para el año 2010 en comparación con el año 2001, este incremento fue de 106.7 %, 74.6 % y 68.0 % respectivamente, incrementos menores a los mencionados por Delon *et al.* 2007 quien menciona incrementos del 120 %. Lo anterior fue debido al incremento del N en la atmósfera debido al crecimiento poblacional y vehicular, lo que está de acuerdo con Magnani *et al.* 2007. En cuanto a los valores máximos en concentración se puede apreciar que los valores para NO_3^- y Nmin son similares en los años 2001 y 2010, no así para NH_4^+ para el que la mayor concentración correspondió al año 2010 con un incremento del 33.1 %. En el caso de los valores mínimos en concentración se puede apreciar que para NO_3^- , NH_4^+ y Nmin en el año 2010 se incrementaron los valores en 366.6 %, 646.6 % y 273.3 % respectivamente. En el cuadro 1 se aprecia también que los datos de concentración para NO_3^- , NH_4^+ y Nmin durante el periodo estudiado fueron más variables para el año 2001 que para el año 2010.

Por otra parte al analizar el efecto del MO y MC sobre las concentraciones medias de NO_3^- , NH_4^+ y Nmin en el agua de escurrimiento se aprecia que para NO_3^- , para los años 2001 y 2010 las concentraciones fueron mayores para el MC, en el caso del NH_4^+ y Nmin en los años 2001 y 2010 las concentraciones fueron muy semejantes. Al analizar las concentraciones medias de NO_3^- y NH_4^+ para la Pr y el escurrimiento se aprecia que en el año 2001 fueron mayores en el escurrimiento, en el año 2010 las concentraciones fueron ligeramente mayores para la precipitación.

Cuadro 1.- Medidas de tendencia central y dispersión para las concentraciones (mg/L) de NO_3^- , NH_4^+ y Nmin en las aguas de precipitación y escurrimiento con los manejos orgánico (O) y Convencional (C).

Años	2001					2010				
	\bar{x}	Max	Min	DE	CV	\bar{x}	Max	Min	DE	CV
[NO_3^- - Pr]	1.225	4.900	0.150	1.118	91	2.532	4.400	0.700	0.947	37
[NH_4^+ - Pr]	1.922	5.250	0.150	1.226	64	2.755	7.000	1.120	1.113	40
[Nmin - Pr]	3.147	10.150	0.600	1.950	62	5.287	10.063	2.240	1.642	31
[NO_3^- - Esc - O]	2.886	13.280	0.450	2.665	92	2.421	3.570	1.283	0.627	26
[NO_3^- - Esc - C]	2.924	16.100	0.300	3.523	120	2.517	3.873	1.190	0.764	30
[NH_4^+ - Esc - O]	2.343	4.200	0.590	1.109	47	2.359	4.130	1.353	0.735	31
[NH_4^+ - Esc - C]	2.328	6.300	0.590	1.623	70	2.422	3.733	1.260	0.732	30
[Nmin - Esc - O]	5.229	17.210	1.640	3.342	64	4.674	7.635	2.823	1.300	28
[Nmin - Esc - C]	5.251	18.550	1.040	4.414	84	4.786	7.607	2.184	1.653	35

\bar{x} = valor medio, Max = valor máximo, Min = valor mínimo, DE = desviación estándar, CV = coeficiente de variación (%).

En las Figuras 1 y 2 se muestra el comportamiento de las concentraciones de NO_3^- y NH_4^+ en función del tiempo en el agua de precipitación para los años 2001 y 2010. Se observa que las concentraciones de NH_4^+ dominan sobre las concentraciones de NO_3^- , esto quiere decir que el N llegó a los parcelas de maíz en forma de NH_4^+ principalmente. También se observa que en el año 2010 las concentraciones fueron mayores con respecto al año 2001.

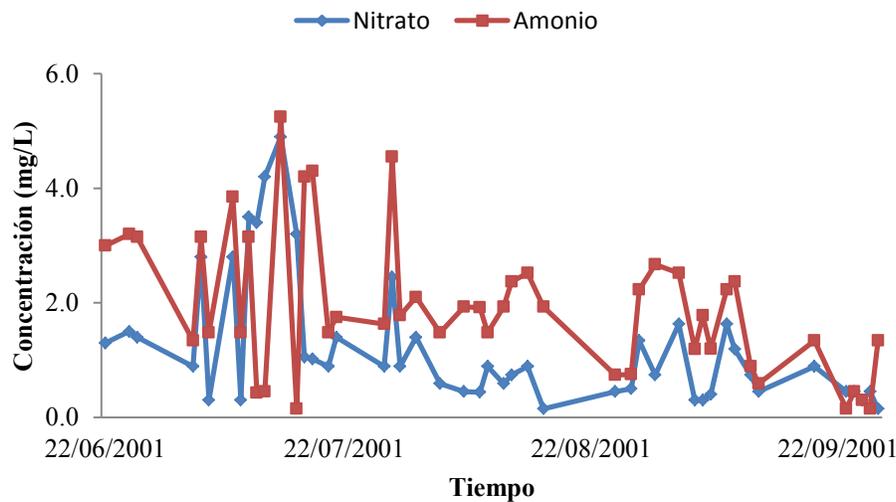


Figura 1. Concentraciones de nitrato y amonio en el agua de 47 eventos de precipitación, en el año 2001, en la Granja Orgánica Efraím Hernández X, del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo.

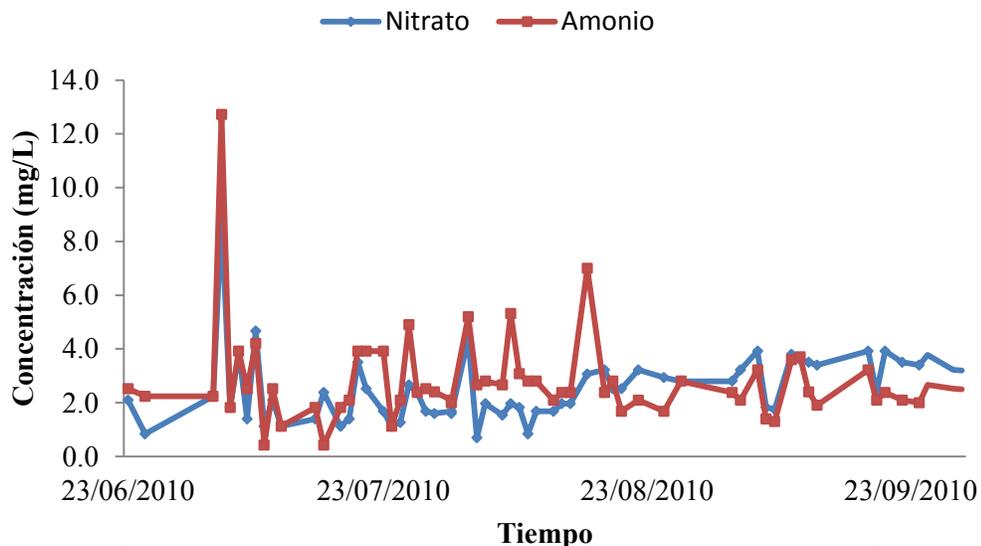


Figura 2. Concentraciones de nitrato y amonio en el agua de 61 eventos de precipitación, en el año 2010, en la Granja Orgánica Efraím Hernández X, del Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo.

Conclusiones

Se tuvo efecto del desarrollo de la zona, el incremento del número de habitantes y de vehículos en circulación, sobre las concentraciones de NO_3^- y NH_4^+ pues las concentraciones promedio de en el agua de precipitación se incrementaron al pasar del año 2001 al 2010. Se tuvo efecto los manejos orgánico (MO) y manejo convencional (MC) sobre las concentraciones medias de NO_3^- en el agua de escurrimiento para los años 2001 y 2010 que fueron mayores para el MC en comparación con el MO, en el caso del NH_4^+ y Nmin en los años 2001 y 2010 las concentraciones fueron muy semejantes. No se dio un comportamiento regular de las concentraciones de N en forma de NO_3^- , NH_4^+ en la precipitación y el escurrimiento, pues en el año 2001 fueron mayores en el escurrimiento, en el año 2010 fueron ligeramente mayores para la precipitación. Los sistemas de producción orgánicos fueron una alternativa para reducir las salidas de N en

el escurrimiento sobre todo en forma de NO_3^- por una menor concentración en comparación con los sistemas convencionales

Literatura Citada

- Brenner, J.M. 1965. Inorganic forms, pp.1179-1237. In C.A. Black (ed.). Methods of Soil Analysis (Part 2). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. (Agronomy 9).
- Carpenter, S.R., N.E. Caraco, D.L. Corell, R.W. Howarth, A.N. Sharpley and V.H. Smith. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecol. Appl.* 8:559–568.
- Elliott, E. M., C. Kendall, E. W. Boyer, D. A. Burns, G. G. Lear, H. E. Golden, K. Harlin, A. Bytnerowicz, T. Butler and R. Glatz. 2009. Dual nitrate isotopes in dry deposition: Utility for partitioning NO_x source contributions to landscape nitrogen deposition, *J. Geophys. Res.*, 114, G04020, doi:10.1029/2008JG000889.
- Delon, C., D. Serc, a, C. Boissard, R. Dupont, A. Dutot, P. Laville and R. Delmas. 2007. Soil NO emissions modeling using artificial neural network, *Tellus B*, 59B, 502–513.
- Havlin, J. L. 1999. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. New Jersey. Editorial Prentice Hall.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana), UNAM, México.
- Galloway, J. N., A. R. Townsend, J. W. Erisman, M. Bekunda, Z. Cai, J. R. Freney, L. A. Martinelli, S. P. Seitzinger, and M. A. Sutton. 2008. Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions, *Science*, 320: 889–892.
- Magnani, F., M. Mencuccini, M. Borghetti, P. Berbigier, F. Berninger, S. Delzon, A. Grelle, P. Hari, P. G. Jarvis, P. Kolari, A. S. Kowalski, H. Lankreijer, B. E. Law, A. Lindroth, D. Loustau, G. Manca, J. B. Moncrieff, M. Rayment, V. Tedeschi, R. Valentini, and J. Grace. 2007. The human footprint in the carbon cycle of temperate and boreal forests, *Nature*, 47: 848–851.
- Moffatt, A.S. 1998. Global nitrogen overload problem grows critical. *Science* 279:988–989.
- Rivett, M.O., S.R. Buss, P. Morgan, J.W.N. Smith and C.D. Bemment. 2008. Nitrate attenuation in groundwater: A review of biogeochemical controlling processes. *Water Res.* 42:4215–4232.
- Sutton, M. A., E. Nemitz, J. W. Erisman, C. Beier, K. Butterbach, P. Cellier and W. de Vries. 2007. Challenges in quantifying biosphere-atmosphere exchange of nitrogen species. *Env. Poll.* 150: 125–139.

EFECTO A CORTO PLAZO DE LA FERTILIZACIÓN DE SITIO ESPECÍFICO SOBRE LA PRODUCCIÓN Y TAMAÑO DE FRUTO EN MANGO „KENT“

Salazar-García S*¹, Santillán-Valladolid G², Ibarra-Estrada ME¹, González-Valdivia J¹, González-Durán JL¹, Hernández-Valdez F³, Medina-Torres R⁴.

¹INIFAP-Campo Experimental Santiago Ixcuintla; ²Posgrado CEBAP, Universidad Autónoma de Nayarit- Unidad Académica de Agricultura; ³Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Agrobiología; ⁴Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura.
salazar.samuel@inifap.gob.mx (* Autor responsable)

Resumen

La fertilización de sitio específico (FSE) define el tipo y cantidad de nutrimentos necesarios para cada huerto. Se presentan resultados preliminares (2010-2011) de un proyecto de largo plazo que cuantificará el efecto de la FSE sobre la producción y tamaño de fruto del mango „Kent“. Se usaron dos huertos establecidos a 10 x 10 m, ubicados en Buenavista, Mpio. Acaponeta y Las Palmas, Mpio. San Blas, Nayarit. En cada huerto se seleccionaron 60 árboles y se evaluaron tres tratamientos de fertilización: 1) dosis normal, que consideró la demanda nutrimental para producir 20 ton/ha, lo invertido por el árbol en su biomasa, aportación de nutrimentos por el suelo, diagnóstico nutrimental foliar y la eficiencia del fertilizante y su aplicación; 2) dosis alta, (dosis normal + 50%); 3) control, sin fertilización. Los nutrientes aportados fueron N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y B, y se aplicaron fraccionados en Julio y Septiembre 2010. Se utilizó un diseño factorial con 20 repeticiones (árboles) por tratamiento. Al año de la primera fertilización, el huerto Buenavista tuvo mayor producción (145 kg/árbol) que Las Palmas (128 kg/árbol). Respecto a tratamientos, la dosis alta presentó la mayor producción (155 kg/árbol), seguida por la normal (140 kg/árbol) y el control (114 kg/árbol). Sólo la producción de fruto calibre 12 fue afectado por los tratamientos de fertilización; la dosis normal mostró la producción más alta (151 kg/árbol), seguido por la dosis alta y el control (138 y 119 kg/árbol), respectivamente.

Palabras clave: *Mangifera indica, nutrición mineral, producción, calibre de fruto.*

Abstract

Site specific fertilization (SSF) defines the type and amount of necessary nutriments for each orchard. This study presents preliminary results (2010-2011) of a long term project that will quantify the effect of the SSF on the production and size of fruit of the „Kent“ mango cultivar. Two orchards were used, established in a 10 x 10 m array, located in Buenavista, Acaponeta; and Las Palmas, San Blas, Nayarit. From each orchard, 60 trees were selected and three treatments of fertilization were evaluated: 1) Normal dose, that considered the demand of the tree to produce 20 ton/ha; this considers all investment on biomass, contribution of nutriments by the soil, foliar nutrimental diagnosis, the efficiency of the fertilizer and its application nutrimental; 2) High dose, (normal dose + 50%); 3) Control, without fertilization. The nutrients supplied were N, P₂O₅, K₂O, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y B; and they were applied divided in July and September 2010. A factorial design with 20 repetitions (trees) per treatment was used. After one year of the first fertilization, the Buenavista orchard presented a greater production (145 kg/tree) than did Las Palmas (128 kg/tree). The comparison of treatments showed that the High Dose presented the greater production (155 kg/tree), followed by Normal Dose (140 kg/tree) and at the last Control Dose (114 kg/tree). Only the fruit production calibrates 12 was affected by the fertilization treatments; the Normal Dose showed the highest production (151 kg/tree), followed by the High Dose and the Control (138 and 119 kg/tree), respectively.

Key Words: *Mangifera indica, mineral nutrition, production, calibrates of fruit.*

Introducción

La nutrición es un aspecto importante en cualquier cultivo y la aplicación de fertilizantes se debe realizar considerando las necesidades de la planta, las características físico-químicas del suelo, las condiciones de

cultivo y el comportamiento fenológico del árbol. Esto indica que la fertilización debe ser generada para cada cultivar considerando las características de cada región. La Fertilización de sitio específico (FSE) define el tipo y cantidad de nutrimentos necesarios para cada huerto. Su uso incrementa a corto plazo la producción y calidad del fruto, además de reducir la contaminación ambiental debido a la aplicación excesiva de nutrimentos.

La FSE considera la aportación de nutrimentos por el suelo, la cantidad de nutrimentos removidos por el fruto, lo invertido por el árbol en su biomasa (raíces, tallo, etc.), el potencial de producción del huerto, así como la eficiencia de los fertilizantes y/o abonos y su forma de aplicación (Salazar-García, 2002). Con el propósito de tener un plan inicial de fertilización, las dosis evaluadas en otras áreas productoras son guías apropiadas para ubicar los tratamientos a evaluar (Salazar-García, 2002).

En la presente investigación se muestran resultados preliminares (2010-2011) de un proyecto de largo plazo que cuantificará el efecto de la FSE sobre la producción y tamaño de fruto del mango 'Kent' en Nayarit.

Materiales y Métodos

Características de los huertos y selección de árboles. Este reporte comprendió de 2009 a 2011. El trabajo se realizó en los municipios de Acaponeta y San Blas, Nayarit en dos huertos comerciales establecidos en clima cálido subhúmedo, considerando cultivares y tipos de suelo contrastantes (Cuadro 1). En Septiembre 2009, en cada huerto se seleccionaron 60 árboles de tamaño similar.

Cuadro 1. Características de los huertos de mango „Kent“ en dos municipios de Nayarit.

Municipio	Localidad	Latitud N	Altura (msnm)	PMA (mm)	Tipo de suelo
Acaponeta	Buenvista	N 21° 27' 22.0" O 105° 27' 00.5"	193	1308	(Be + Je + Zo /2). Cambisol éutrico + Fluvisol éutrico + Solonchak órtico, textura media.
San Blas	Las Palmas	N 21° 36' 41.1" O 105° 11' 17.0"	193	1453	(Ah + Bc /3 P). Acrisol húmico + Cambisol crómico, textura fina, pedregosa.

PMA=precipitación media anual

El estado nutrimental del huerto fue determinado mediante un diagnóstico nutrimental foliar y de suelo en ambos sitios de estudio. Con base en ello se generaron los tratamientos de fertilización. El muestreo foliar se realizó en Septiembre 2009, y se colectó una muestra compuesta con hojas de cinco árboles escogidos al azar. En cada árbol se colectaron 30 hojas completas (lámina + pecíolo) del flujo vegetativo de primavera (fecha determinada previamente como apropiada para el muestreo foliar) de seis meses de edad y de la posición 6 basipétala de brotes terminales sin fructificar. El lavado de las hojas se hizo con agua corriente y destilada. Posteriormente, se secaron en un horno con aire forzado a 70 °C por 48 h y se molieron en molino de acero inoxidable haciéndolas pasar por un tamiz No. 40. Las muestras fueron analizadas en un laboratorio comercial acreditado por el programa NAPIT de la Soil Science Society of América y se determinó en la materia seca el contenido de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn, Zn y B.

El muestreo de suelo se realizó en Enero 2010 y en cada huerto se muestrearon cinco árboles. Se hicieron cuatro excavaciones de 0-30 cm por árbol (submuestras) en la zona de sombreado de la copa. De las 20 submuestras por huerto, se obtuvo una muestra compuesta de 1 kg de suelo que fue enviada al laboratorio mencionado anteriormente.

Aplicación de cal y yesos. A partir del análisis de suelo se determinaron las necesidades de cal o yeso a emplear. La aplicación del encalado y/o yeso a los huertos se realizó en Mayo y Junio, 2010 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cantidad de Ca(OH)₂ y CaSO₄ aplicada al suelo en Mayo y Junio en cada sitio de estudio.

Tratamiento	Las Palmas	Acaponeta	Las Palmas	Acaponeta
	(CaOH) ₂		CaSO ₄	
			g planta ⁻¹	
Normal		1763	255	1063
Normal + 50%		1763	383	2625
Control				

Tratamientos de fertilización. El cálculo de las dosis de fertilización fue hecha de manera independiente para cada huerto. Fueron formulados tres tratamientos: 1) Dosis normal, que consideró la demanda nutrimental para producir 20 ton/ha, lo invertido por el árbol en su biomasa, la aportación de nutrimentos por el suelo, diagnóstico nutrimental foliar y la eficiencia del fertilizante y su aplicación; 2) Dosis alta, (dosis normal + 50%); 3) Control, sin fertilización (Cuadro 3). En cada huerto, cada tratamiento de fertilización se aplicó a 20 árboles (repeticiones). Dependiendo del tipo de nutrimentos y la cantidad, se fraccionaron en dos partes y fueron aplicadas en Julio y Septiembre.

Cuadro 3. Tratamientos de fertilización por árbol aplicados al suelo en 2010 en los huertos de Buenavista y Las Palmas en el cv. Kent.

Fuentes de fertilizantes	Buenavista	Las Palmas	Buenavista	Las Palmas	Aplicación (2010)
	g árbol ⁻¹	g árbol ⁻¹	g árbol ⁻¹	g árbol ⁻¹	
	Dosis normal		Dosis alta		
(NH ₄) ₂ SO ₄	929	996	1394	1494	Julio y Sep.
SFCT	797	239	1195	358	Julio
KCl	246	152	369	228	Julio y Sep.
Ca(OH) ₂	1763	-			-
CaSO ₄	1063	255	2625	382	Junio
MgSO ₄	559	166	838	249	Julio
FeSO ₄	99	65	148	97	Julio
MnSO ₄	3	73	45	109	Julio
ZnSO ₄	2	11	3	16	Julio
Boronat	449	213	673	319	Julio

Producción y tamaño de fruto. En el 2011 se registró en cada árbol la producción total del fruto. El tamaño del fruto fue determinado de acuerdo a lo establecido por las empacadoras para cada cultivar y calibre de fruto (EMEX, 2008; Cuadro 4).

Análisis estadístico

Se determinó el efecto de la fertilidad del suelo (huerto) y de las dosis de fertilización (tratamientos) sobre la producción y tamaño de fruto. Se usó un diseño con arreglo factorial con 20 repeticiones (árboles) por tratamiento. Para la comparación de medias se usó el rango múltiple de Duncan ($P = 0.05$).

Cuadro 4. Calibres de fruto para el mango „Kent“ (EMEX, 2008).

Calibre	Peso (g/fruto)
C12	(366-435)
C10	(436-515)
C9	(516-560)
C8	(561- 640)
C7	(641- 700)
C6	(>701)

Resultados y Discusión

Al año de la primera fertilización (2011) se detectaron diferencias significativas para la producción entre huertos y tratamientos de fertilización. Asimismo, este último factor influyó en el tamaño de fruto calibre 12 (Cuadro 5). El huerto Buenavista tuvo mayor producción (145 kg/árbol) que Las Palmas (128 kg/árbol) (Cuadro 6). Respecto a tratamientos, la dosis alta presentó la mayor producción (155 kg/árbol), seguida por la normal (140 kg/árbol) y el control (114 kg/árbol) (Cuadro 7). Sólo la producción de fruto calibre 12 fue afectado por los tratamientos de fertilización; la dosis normal mostró la mayor producción (151 kg/árbol), seguido por la dosis alta y el control (138 y 119 kg/árbol), respectivamente (Cuadro 7). Guzmán-Estrada (1997) menciona una producción de 150 kg/árbol en un huerto de „Kent“ sin fertilización. Este valor supera lo encontrado en el presente estudio para el control pero se asemejó a lo obtenido para la dosis alta. Finalmente, en el presente estudio no fueron registrados frutos cuyo tamaño estuvieran catalogados dentro de los calibres 9, 8, 7 y 6. En el caso de los frutos calibre 10, estos no fueron afectados por ninguno de los factores evaluados.

Cuadro 5. Análisis de varianza para la producción y tamaño de fruto en la cosecha 2011.

Fuente	GL	SC	CM	F	Pr > F
Producción por árbol					
Huerto	1	8670.00	8670.00	11.18	0.0011
Tratamiento	2	34098.75	17049.38	21.99	0.0001
Huerto*Tratamiento	2	1308.75	654.38	0.84	0.4327
Calibre 12					
Huerto	1	2498.25	2498.25	3.89	0.0512
Tratamiento	2	19275.81	9637.91	14.99	<.0001
Huerto*Tratamiento	2	642.75	321.37	0.50	0.608

Cuadro 6. Producción y tamaño de fruto 2011 en el cv. Kent en dos sitios de estudio.

Huerto	Producción total (kg/árbol)	Producción calibre 12 de fruto (kg/árbol)
Las Palmas	128 b ^z	131.56 a
Buenavista	145 a	140.84 a
Pr > F	0.0011	0.0512

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).

Cuadro 7. Producción y tamaño de fruto 2011 en el cv. Kent en respuesta a tratamientos de fertilización.

Tratamiento	Producción total (kg/árbol)	Producción calibre 12 de fruto (kg/árbol)
Alta	155.25 a ^z	137.60 b
Normal	139.88 b	150.73 a
Control	114.38 c	119.27 c
Pr > F	0.0001	0.0001

^zMedias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).

Conclusiones

El sitio (huerto) afectó la producción total de fruto y el huerto Buenavista presentó la mayor producción.

La mayor producción total de fruto se obtuvo con la Dosis alta.

La mayor producción de fruto calibre 12 se obtuvo en la Dosis normal.

La producción de fruto calibre 10 no fue afectada por el sitio (huerto) o tratamientos de fertilización evaluados.

Literatura Citada

EMEX, A. C. 2008. Exportación de mango, temporada 2008. www.mangoemex.org. Noviembre, 2008.

Guzmán-Estrada C. 1997. Fruit drop and yield of five mango cultivars in Southern Sinaloa. Acta Horticulturae 455:459-464.

Salazar-García, S. 2002. Nutrición de aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en asociación con el Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Querétaro, México. 1ra. Impresión. 165 p.

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE LODO DE MÁRMOL Y PURÍN DE CERDO EN LA BIODISPONIBILIDAD DE Pb, Cu, Zn Y Cd EN UN DEPÓSITO MINERO DEL SURESTE DE ESPAÑA

Carmona, Dora María^{1,2}, Acosta José Alberto¹, **Faz Ángel**¹, Zornoza Raúl¹, Martínez-Martínez Silvia¹, Kabas Sebla¹

¹ Gestión Aprovechamiento y Recuperación de Suelos y Aguas, Dpto. de Ciencia y Tecnología Agraria, Universidad Politécnica de Cartagena. E-mail: angel.fazcano@upct.es

² Grupo de Investigaciones Ambientales, Universidad Pontificia Bolivariana.

Resumen

En el depósito de residuos mineros El Gorguel localizado en Cartagena-La Unión, SE España se está experimentando a gran escala la técnica de rehabilitación de suelos degradados por minería metálica mediante la aplicación de enmiendas, alcalina (lodo de mármol) y orgánica (purín de cerdo). En este trabajo se analiza el efecto de las enmiendas sobre la biodisponibilidad de Pb, Cu, Zn y Cd, así como la evolución de la colonización espontánea de la vegetación, su riqueza y cobertura. Los resultados muestran que el porcentaje de reducción de la fracción disponible respecto al contenido total en Cd fue mayor en la parcela tratada con lodo de mármol, mientras que para el Cu y Pb la mayor reducción registrada fue en la parcela tratada con lodo de mármol y purín de cerdo, finalmente, el porcentaje de Zn biodisponible se incrementó en todas las parcelas. El alto contenido de Zn y Cd extraído con DTPA sugieren un riesgo potencial de absorción y acumulación de metales para la vegetación colonizadora. Un significativo incremento de la cobertura vegetal, riqueza y diversidad se observaron en las parcelas con adición de purín de cerdo, y fue el *Zygophyllum fabago* la especie predominante en todos los tratamientos, sin embargo la riqueza fue casi nula (incipiente) en las parcelas con solo lodo de mármol y la control.

Palabras clave: lodo de mármol, purines, contaminación, metales pesados, rehabilitación.

Abstract

In the Gorguel tailing pond located in Cartagena-La Unión, SE Spain, is experiencing large scale technique for the rehabilitation of land degraded by mining activities through the application of amendments, alkaline (marble mud) and organic (pig slurry). This paper analyzes the effect of the amendments on the bioavailability of Cu, Zn, Pb and Cd, as well as the evolution of spontaneous vegetation colonisation, richness and coverage. The results show that the percentage of reduction of the bioavailable Cd was the highest in the plot treated with marble mud, while for Cu and Pb the highest recorded reduction was in plot treated with marble mud and pig slurry, finally, the percentage of bioavailable Zn increased in all plots. The high content of Zn and Cd extracted with DTPA suggest a potential risk of absorption and accumulation of metals for colonizing vegetation. A significant increase in vegetation cover, richness and diversity was observed in plots with addition of pig slurry, and *Zygophyllum fabago* was the predominant species in all plots, however the richness was almost null (emerging) on plots with marble mud treatment and the control.

Key Words: marble mud, pig slurry, contamination, heavy metals, reclamation

Introducción

Un significativo número de depósitos que almacenan estériles mineros fueron generados durante la larga historia de la actividad minero-metalúrgica de Pb/Zn en Murcia - sureste de España. La alta concentración y el potencial de biodisponibilidad de metales como el Zn, Pb, Cd presentes en estas áreas afectadas por actividades extractivas (Bradshaw y Chadwick, 1980), así como otras condiciones adversas asociadas a estos ambientes, tales como los bajos valores de pH, baja capacidad de retención de agua (Norland y Veith, 1995), alta compactación del terreno, bajos niveles de materia orgánica y nutrientes, etc. (Wong, 2003), son los principales factores que influyen en el establecimiento y colonización de plantas, tal y como suele suceder en éste tipo de depósitos de residuos mineros (Ye *et al.*, 2002).

La adición de materia orgánica (MO) en suelos contaminados con residuos mineros ha sido empleada para ayudar a promover su revegetación, mediante la mejora de la fertilidad y su estructura, y la disminución de la disponibilidad de metales para las plantas, sin embargo, se requiere la co-aplicación de materiales alcalinos para su estabilización química (Tordoff *et al.*, 2000). En este trabajo se pretende analizar el efecto a corto plazo de la aplicación de lodo de mármol y purín de cerdo en la neutralización del suelo, la mejora de las condiciones del suelo que disminuyen la disponibilidad de los metales y si se promueve el crecimiento de vegetación espontánea.

Materiales y Métodos

Las parcelas de estudio a escala de campo se delimitaron sobre la superficie del depósito de residuos mineros El Gorguel. Esta zona presenta condiciones semiáridas, con una temperatura media anual de 17,5°C y precipitación media anual < 300 mm. Las parcelas cubren un área total de ~ 7400 m², divididas en cuatro áreas con el fin de realizar diferentes tratamientos con la aplicación de lodo de mármol y purín de cerdo líquido, como se muestra en la Figura 1. Se realizó un arado a 60 cm de profundidad, el lodo de mármol se aplicó una vez al inicio de los ensayos en parcelas A y B y se mezcló hasta 40 cm, a una dosis de 4 kgmármol m⁻² (incluye factores de seguridad), de acuerdo con la cantidad de CaCO₃ requerida para neutralizar la acidez potencial generada por la oxidación de sulfuros según metodología propuesta por Sobeck *et al.* (1978). Seguidamente se aplicó el purín mediante aspersión en abanico sobre las parcelas B y D, según la tasa agronómica de requerimiento de nitrógeno en un suelo normal de 170 kgN ha⁻¹ año⁻¹ (Directiva 91/676/CEE), pasadas 24 h de la aplicación se reincorporó el purín mecánicamente a una profundidad de 20 cm. Las muestras de suelo en superficie, (0-15 cm), se tomaron al inicio, 1 semana y 5 meses después de aplicación de enmiendas en 5 puntos en cada parcela A (lodo mármol), B (lodo mármol+Purín), D (purín), y C (control). Las muestras se secaron al aire y se tamizaron a < 2 mm. El pH y la conductividad eléctrica se determinaron en agua destilada en las relaciones 1:1 y 1:5 p/v, respectivamente. La fracción de metales biodisponibles se obtuvo por el método de extracción con DTPA en relación 1:2 suelo:DTPA (Norvell, 1984). Las mediciones de Cd, Cu, Pb y Zn se realizaron por la técnica de espectroscopía de absorción atómica llama-horno (AAAnalyst 800, Perkin Elmer).

En cuanto a la evolución de la vegetación, pasados 5 meses de enmendadas las parcelas se realizó la identificación de las especies que han colonizado espontáneamente, así como la riqueza y el porcentaje de cobertura vegetal. Para lo cual se utilizó una malla de 5 m² alrededor de los 5 puntos de toma de muestras de suelos en cada parcela.

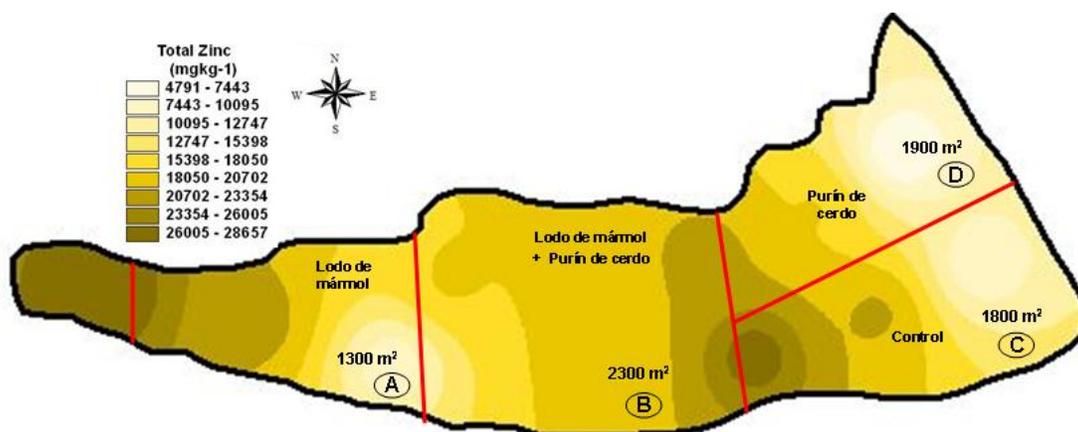


Figura 1. Parcelas de aplicación de enmiendas en el depósito de residuos mineros El Gorguel, enmarcadas en el mapa de distribución espacial para Zn-total.

Resultados y Discusión

Como se puede ver en el Cuadro 1, la evolución de algunas propiedades del suelo en las parcelas al inicio, tras 1 semana y tras 5 meses de la adición de las enmiendas muestran que después de 5 meses, y tras un período de lluvias en la zona (oct-feb 2010), el pH del suelo en todas las parcelas permanece básico, con incrementos de 0,5 unidades al aplicar lodo de mármol (A y B), mientras que con sólo el purín (D) el pH no varía, por el contrario se da una leve liberación de acidez en el control disminuyendo una unidad hasta condiciones neutras. La parcela A presenta inicialmente la más alta CE, coincidiendo con la zona de mayor grado de contaminación, indicando la presencia de una gran cantidad de sales de sulfatos solubles. La conductividad disminuye en todos los tratamientos debido al lavado de las sales acumuladas de la época seca. El contenido inicial de carbonatos y el pH en este depósito favorecen condiciones reductoras en el suelo superficial y las cuales permanecen en el tiempo. El efecto inmediato (1 semana) de la adición de lodo de mármol se refleja en un incremento significativo de los CaCO_3 en las parcelas A y B, y disminuyen con el tiempo en la medida en que se disuelven y son consumidos en la neutralización de la acidez almacenada en el suelo. El contenido inicial de nitrógeno evidencia la escasez de nutrientes, y tras la adición del purín los resultados muestran a corto plazo un bajo efecto en la fijación del nitrógeno en las parcelas B y D, con valores inferiores a 0,2%, por lo que continúan las limitaciones de crecimiento de vegetación.

Cuadro 1. Efectos de la aplicación de lodo de mármol y purín de cerdo sobre algunas propiedades fisicoquímicas del suelo en el depósito minero El Gorguel.

		pH		CE (dSm^{-1})		CaCO_3 (gkg^{-1})		N total (gkg^{-1})	
		Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Inicio	GA	7,76	0,23	7,62	4,85	26,90	1,14	0,10	0,10
	GB	7,90	0,06	3,87	1,87	25,50	0,50	0,12	0,06
	GD	7,51	0,40	4,83	5,28	25,40	0,22	0,06	0,04
	GC	7,58	0,27	3,31	1,44	25,60	0,65	0,05	0,05
1 semana	GA	7,91	0,16	5,60	2,37	58,83	11,23	0,12	0,03
	GB	7,76	0,08	4,09	1,00	39,67	12,40	0,22	0,02
	GD	7,71	0,16	4,05	2,30	35,14	16,16	0,24	0,05
	GC	6,53	0,21	5,45	5,04	20,57	7,45	0,09	0,02
5 meses	GA	8,23	0,04	5,53	0,77	37,42	10,75	0,22	0,18
	GB	8,10	0,08	3,23	0,38	35,13	12,44	0,16	0,04
	GD	7,59	0,20	2,41	0,33	21,06	4,93	0,38	0,36
	GC	6,84	0,06	2,88	0,84	36,56	6,73	0,09	0,02

GA: lodo de mármol; GB: lodo mármol+purín cerdo; GD: purín de cerdo; GC: control. n=5.
DS: desviación estándar, suelo superficial (0-15 cm). CE: conductividad eléctrica.

Las concentraciones de Cd y Zn en su fracción biodisponible, tanto al inicio como después de la aplicación de las enmiendas, superan ligeramente los límites máximos de toxicidad para las plantas (Cd: 3, Cu: 200, Zn: 400, Pb: 500, en mg kg^{-1} (Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. 2001)). La fracción extraíble-DTPA con respecto al contenido total del metal antes de aplicar las enmiendas muestran la secuencia de solubilización $\text{Cd} > \text{Zn} > \text{Pb} > \text{Cu}$. El efecto de las enmiendas sobre la fracción biodisponible de los metales en el suelo después de 5 meses se observa en la Figura 2. Estos cambios en términos de concentración muestran que el Cd-Biod está claramente influenciado por la disolución de CaCO_3 al mostrar mayor contenido en la parcela con lodo de mármol, y con la presencia del purín tiende a disminuir su disponibilidad, mientras que el control exhibe ligeras variaciones. Con respecto al Zn-Biod, su contenido incrementó en todos los tratamientos al igual que en el control, alcanzando valores alrededor de 500 mg

kg⁻¹. Un comportamiento inverso al Cd-Biod y el Zn-Biod lo manifiestan el Pb-Biod y Cu-Biod, con una disminución significativa en su contenido biodisponible por efectos de la adición de lodo de mármol.

En términos de porcentaje de reducción de la fracción disponible con respecto a su contenido total (Cuadro 2), se observa que el Zn-Biod es el único metal que incrementa cerca del 2% su fracción disponible en todos los tratamientos, mientras para Cd, Cu, Pb se redujeron, a excepción del Cu en la parcela enmendada únicamente con purín. El control mostró la menor disminución frente a los tratamientos. El Cd fue el metal que mostró la mayor reducción con un 15% en la parcela con adición de lodo de mármol, mientras que en el caso de Pb y Cu esta reducción no superó el 1,5% en ningún caso.

Cuadro 2. Porcentaje de reducción de la fracción disponible

Tratamiento		Cd	Cu	Pb	Zn
		%			
Lodo mármol	A	14,99	1,16	0,91	-1,92
LM + PC	B	5,45	1,31	1,48	-1,90
Purín	D	9,88	-0,03	0,72	-2,20
Control	C	4,01	0,39	0,14	-1,83

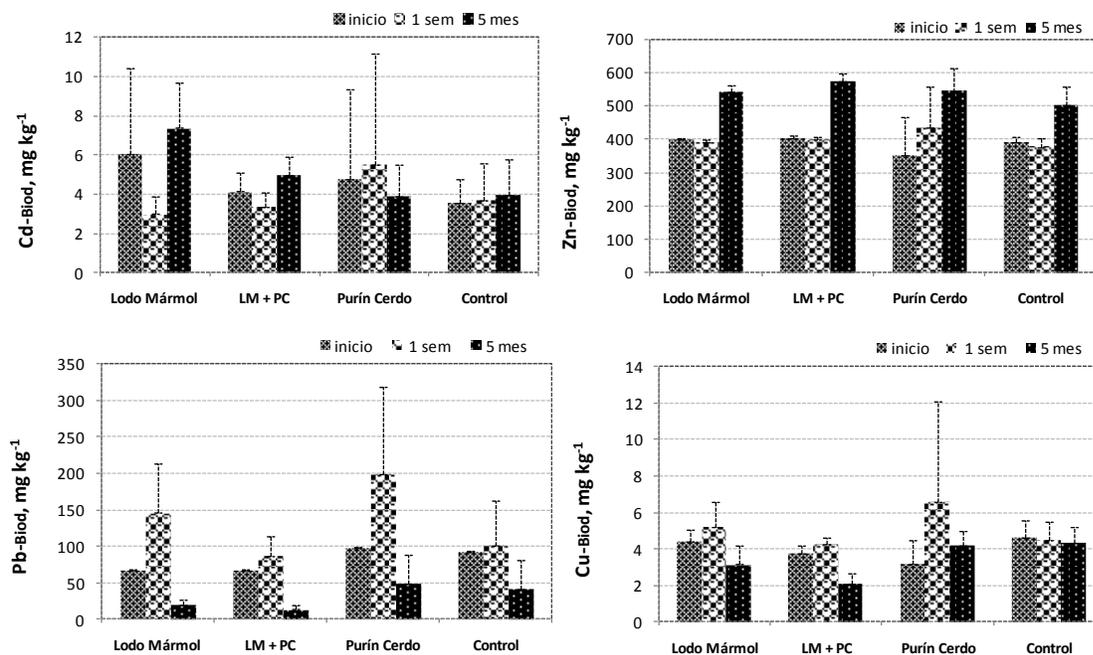


Figura 2. Cambios en el contenido de metales biodisponibles al inicio, 1 semana y 5 meses después de la aplicación de lodo de mármol y purín de cerdo en las parcelas de ensayo.

En la Cuadro 3 se muestran las especies que naturalmente han colonizado las parcelas. Las parcelas en las que se aplicó purín de cerdo (GB y GD) presentan mayor riqueza (5 especies), mayor cobertura vegetal y mayor biodiversidad que las parcelas que no recibieron enmienda orgánica, que prácticamente permanecen sin vegetación salvo varios pies dispersos de *Zigophyllum fabago*. Esto indica que aunque la cobertura y biodiversidad son aún muy bajas, la aplicación de purín de cerdo ha contribuido a una mejora de la fertilidad del suelo que facilita la colonización natural de vegetación. A largo plazo se espera que la propia vegetación espontánea pueda contribuir al proceso de inmovilización de metales, mediante la

absorción de metales en las raíces o precipitación en el suelo próximo a las raíces. Así mismo, las plantas además podrán retener el suelo evitando la erosión y el transporte eólico de material contaminado.

Cuadro 3. Colonización natural de especies en parcelas después de 5 meses.

Tratamiento	Riqueza	Cobertura (%)	Biodiversidad	Especies de plantas	
Lodo mármol	A	1	0,00	0	Zigophyllum fabago
LM + PC	B	5	1,10	0,3	Atriplex halimus, piptatherum miliaceum, Sonchus tenerrimus
Purín	D	5	2,40	0,3	Atriplex halimus, Zigophyllum fabago, Piptatherum miliaceum, Sonchus tenerrimus
Control	C	1	0,10	0	Zigophyllum fabago

Conclusiones

Los resultados de la aplicación de lodo de mármol y purín de cerdo mostraron que las condiciones alcalinas del depósito se mantienen con el tiempo. Se observó una tendencia a la disminución de la fracción disponible con respecto al contenido total para Cd, Pb y Cu, mientras que para Zn se incrementó ligeramente. El metal que más redujo su biodisponibilidad fue el Cd, especialmente en la parcela enmendada únicamente con lodo de mármol. En el caso de Pb y Cu la mayor reducción se observó en la parcela enmendada con lodo de mármol y purín de cerdo.

Se ha de destacar que las parcelas en las que se aplicó purín de cerdo presentaron mayor riqueza, mayor cobertura vegetal y mayor biodiversidad que las parcelas que no recibieron enmienda orgánica, lo que indica que la aplicación de purín de cerdo ha contribuido a una mejora de la fertilidad del suelo facilitando la colonización natural de vegetación.

Atendiendo a los resultados obtenidos, se ha considerado la necesidad de realizar aplicaciones sucesivas de purín de cerdo con una frecuencia semestral, con el fin de determinar a largo plazo, a condiciones semi-áridas, la evolución del carbono orgánico, la reactivación de los ciclos biogeoquímicos, confirmar la reducción de la fitotoxicidad, y el incremento de cobertura vegetal.

Literatura Citada

- Bradshaw, A.D., Chadwick, M.J. 1980. The Restoration of Land. Blackwell, Oxford.
- Directiva 91/676/CEE. 1991. Concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Ofic. J.L 375, 31.12. European Union, Brussels.
- Kabata-Pendias, A. Pendias, H. 2001. Trace elements in soils. 3rd Ed. Boca Raton, London, New York, CRC Press. 413 pp.
- Norland, M.R., Veith, D.L. 1995. Revegetation of coarse taconite iron ore tailing using municipal waste compost. Journal of Hazardous Materials 41:123 - 134.
- Norvell, W.A., 1984. Comparison of chelating agents as extractants for metals in diverse soil materials. Soil Science Society of America Journal, 48: 1285 -1 292.
- Sobek, A.A., Schuller, W.A., Freeman, J.R., Smith, R.M. 1978. Field and laboratory methods applicable to overburdens and minesoils. EPA-600/2-78-054.
- Tordoff, G.M., Baker, A.J.M., Willis, A.J., 2000. Current approaches to the revegetation and reclamation of metalliferous mine wastes. Chemosphere 41: 219 - 228.
- Wong, M. 2003. Ecological restoration of mine degraded soils, with emphasis on metal contaminated soils. Chemosphere 50: 775 - 780.
- Walker, D.J., Clemente, R., Roig, A., Bernal, M.P. 2003. The effect of soil amendments on heavy metal bioavailability in two contaminated Mediterranean soils. Environ Pollution 22: 303 - 312.
- Ye, Z.H., Shu, W.S., Zhang, Z.Q., Lan, C.Y., and Wong, M.H. 2002. Evaluation of major constraints to revegetation of lead/zinc mine tailings using bioassay techniques. Chemosphere 47: 1103 - 1111.

PRODUCCIÓN DE CEBOLLA A CAMPO ABIERTO DURANTE TRES CICLOS CONTINUOS CON EMPLEO DE COBERTURA VEGETAL

Rascón Alvarado, Emilio¹, Hernández Herrera Alejandro¹, Requejo López Ricardo¹, García Berlanga Brenda Berenice¹, Herrera Gaytán Patricia¹
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro¹. E-mail:erascona@hotmail.com

Resumen

En la agricultura a campo abierto con enfoque sustentable, es importante conservar el suelo productivo, y emplear las menores cantidades de agua; conservando las utilidades económicas. En este trabajo el objetivo fue evaluar el diámetro ecuatorial y el rendimiento total de bulbo fresco de cebolla (*Allium cepa* L) cultivada en un mismo sustrato por tres ciclos continuos, sin adición de fertilización química y con uso eficiente de agua de riego. El sustrato fue mezcla de lombricomposta sólida de bovino de leche: suelo natural, en seis combinaciones (tratamientos) volumétricas de 82.5 litros cada una, con tres repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales, la mitad de las cuales fueron cubiertas superficialmente con restos de pasto San Agustín y aplicando 50% de la lámina de riego empleada en los no cubiertos. La distribución en campo de las parcelas fue bajo un arreglo factorial de bloques al azar, el análisis estadístico se hizo mediante el Programa UANL y prueba de medias en Tukey al 5%. Los resultados mostraron que en la mayoría de tratamientos no se apreciaron diferencias estadísticas por causa de presencia o ausencia de cobertura vegetal de lo cual se promueve la aplicación de esta, por el gran ahorro de agua de riego. En la mayoría de casos el nivel de lombricomposta dio relación directa con incrementos de valores en las variables evaluadas, lo que sugiere su combinación con suelo natural con fines agrícolas.

Palabras clave: *Agricultura sustentable, lombricomposta y conservación de humedad.*

Abstract

In open field agriculture sustainable approach, it is important to preserve the productive soil, and reduce as possible the amount of water used, preserving the economic profits. In this research the objective was to evaluate the equatorial diameter and the total yield of bulb onion grown fresh on the same substrate for three continuous cycles with no addition of chemical fertilizers, and water-efficient irrigation. The substrate was a solid vermicompost mixture from suckling calf: natural soil in six combinations (treatments) with a volumetric value of 82.5 liters each, with three replications for a total of 36 experimental units, half of which were covered by shallow San Agustín grass clippings, and applying only the 50% of the film irrigation for the other uncovered half. Field distribution of the plots (or patches) was established under factorial randomized blocks; statistical analysis was done using the UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León) program, and mean test by Tukey 5%. Results showed that in most treatments there were no statistical differences because of the presence or absence of vegetation cover, which promotes the application of plant cover because of the great savings in irrigation water. In most cases, the vermicompost level was directly related to increases in the assessed variables, suggesting their combination with natural soil may be beneficial to agricultural purposes.

Key Words: *Sustainable agriculture, vermicompost and moisture conservation.*

Introducción

La tendencia requerida en la agricultura a campo abierto, con enfoque sustentable es usar los recursos suelo y agua durante el mayor tiempo posible manteniendo en ellos las características de interés agrícola en niveles recomendables. Una opción a lo anterior pudiera ser efectuar combinaciones de este recurso con materiales generados a partir de estiércoles de bovino procesados, como son las lombricompostas, y de esta forma extender la vida útil del suelo (Salazar *et al.*, 2010). Además, en vista de que algunas zonas del país son vulnerables a la variabilidad climática debido a la baja disponibilidad hídrica (Ojeda *et al.*, 2010; Román *et al.*, 2011), como es la parte norte de México, la gran cantidad de agua empleada en agricultura (72% del agua extraída durante 2009; INEGI, 2011) debe ser aplicada en forma eficiente,

buscando reducir su tasa de empleo. Esta investigación se presenta como una opción a promover la conservación y fertilidad de suelos agrícolas deficientes en materia orgánica mediante el empleo de mejoradores a partir de estiércol de bovino de leche composteado mediante la lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) y haciendo un uso eficiente del agua de riego al aplicar cobertura vegetal al terreno con el objetivo siguiente: evaluar el diámetro ecuatorial y el rendimiento de bulbo, de cebolla durante tres ciclos consecutivos de siembra en el mismo sustrato inicial sin aplicación de fertilización química.

Materiales y Métodos

De septiembre de 2008 a mayo de 2011 se realizó esta investigación, en un área descubierta al sur del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista Saltillo, Coahuila; en las coordenadas de latitud Norte 25° 23' y longitud Este 101° 00' con altitud media sobre nivel del mar de 1 743 metros. El clima es semicálido, con temperatura media de 16.6 °C, régimen de lluvias intermedias entre verano e invierno, precipitación media anual de 443 mm y evaporación promedio de 2 167 mm.

El suelo natural empleado, arcilloso alcalino, fue colectado de un área sin uso agrícola frente a la Biblioteca Universitaria de una profundidad (0.00.- 0.15) m. Por su parte, la lombricomposta fue generada en el Área Orgánica al lado poniente del Establo Universitario, en la siguiente forma: a los dos meses de ser colectado el estiércol de los corrales, es trasladado y sometido a humedecido y movimiento constante. A los 15 días es suministrado como alimento a la lombriz de tierra la cual, al mes, aproximadamente, lo deja en condiciones de empleo agrícola.

Para cada ciclo de cultivo, en charolas de germinación de nieve seca de 200 cavidades se germinó semilla de cebolla (*Allium cepa* L) del cultivar Copándaro en una mezcla de lombricomposta sólida : suelo natural 50% : 50% volumétrico, como sustrato. Las tres charolas de germinación fueron mantenidas en espacio abierto durante el proceso de germinación sobre una cama de agua corriente para mantener la humedad necesaria.

Los contenedores para el trasplante, de 82.5 litros como parcela experimental, estuvieron delimitados por paredes impermeables (0.55 x 0.50 x 0.30) m³, todos dentro de un cantero de (1.00 x 10.00 x 0.30) m³. En cada parcela se ubicaron 15 plantas para su desarrollo en los sustratos experimentales. Estos medios, se generaron mediante la mezcla completa de lombricomposta de bovino de leche tamizada en malla de 2 centímetros y suelo natural, en las proporciones a desarrollar (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos empleados en la investigación

Número	Lc [†] Suelo (%)		Número	Lc Suelo (%)	
	Lc [†]	Suelo		Lc	Suelo
1 C [‡]	100	0	7 Nc [§]	100	0
2 C	80	20	8 Nc	80	20
3 C	60	40	9 Nc	60	40
4 C	40	60	10 Nc	40	60
5 C	20	80	11 Nc	20	80
6 C	0	100	12 Nc	0	100

[†] Lombricomposta, [‡] Cubierto, [§] No cubierto

El suministro del riego se efectuó cuando al nivel de abatimiento de la capacidad de campo era de 25% a lo cual se le dio seguimiento mediante método gravimétrico directo del porcentaje de humedad. Durante los tres ciclos de cultivo nunca se adicionó fertilizante químico, solo agua de riego; ni se requirió control de plagas pues éstas no se presentaron.

El diseño experimental empleado fue factorial con dos niveles de cobertura (Factor A) y seis niveles de lombricomposta (Factor B) en arreglo de bloques completos al azar, para totalizar 12 tratamientos y tres repeticiones para un total de 36 unidades experimentales, cada una conformada por 15 plantas. Las variables evaluadas fueron el diámetro ecuatorial de bulbo (DEB, en milímetros) y el rendimiento de bulbo fresco (RBF, en kg ha⁻¹). La determinación del DEB fue al momento de cosechar, después de eliminar las capas superficiales deshidratadas y lavar. Con vernier electrónico se midió la parte central del

bulbo, de forma transversal a la orientación en planta. Para la determinación de RBF se pesaron a las 48 horas de arrancada la planta, por parcela experimental, cebollas con DEB igual o mayores a 25 milímetros (Clase A, NMX- FF-021-1986, SIC; 1986), extrapolando a kg ha⁻¹. Los resultados obtenidos fueron analizados con el Paquete Estadístico UANL (Olivares, 1994), incluida la comparación de medias en Tukey 0.05.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se muestran los cuadrados medios y las significancias de las variables evaluadas durante el desarrollo del experimento.

Cuadro 2 Cuadrados medios y significancias para las variables evaluadas en tres ciclos de producción de cebolla (*Allium cepa* L.)

FV	GL	DEB ₁	RBF ₁	DEB ₂	RBF ₂	DEB ₃	RBF ₃
Cobertura	1	178.91 ^{NS}	96.25 ^{NS}	46.70 ^{NS}	0.44 ^{NS}	310.13 ^{NS}	595.12**
% Lc	11	364.61**	550.74**	680.83 ^{NS}	3426.95**	111.00 ^{NS}	90.13*

NS = no significativo, * = significativo, ** = altamente significativo

En general para los ciclos de producción, en la fuente de variación de cobertura, los dos primeros ciclos no presentaron diferencias estadísticas en las variables estudiadas, a excepción de RBF en el ciclo tres. En relación a esto, sin embargo, el 50% de ahorro en agua de riego al emplear cobertura, es aspecto muy favorable a esta práctica como exponen Duicela, *et al* (2003). Para porcentajes de lombricomposta, su presencia en el sustrato fue factor decisivo durante todos los ciclos para RBF, no para DEB; de modo que, sin ser los bulbos estadísticamente de tamaños distintos, se alcanzan a generar masas distintas en las producciones evaluadas.

Diámetro ecuatorial de bulbo

Durante los tres ciclos (Gráfico 2), ambas condiciones de cobertura se comportaron de manera similar, pues conforme disminuyó la cantidad de lombricomposta también lo hizo DEB, sin embargo, esta diferencia solo alcanzó a ser estadísticamente significativa en el ciclo 1, para el nivel de lombricomposta (Cuadro 2).

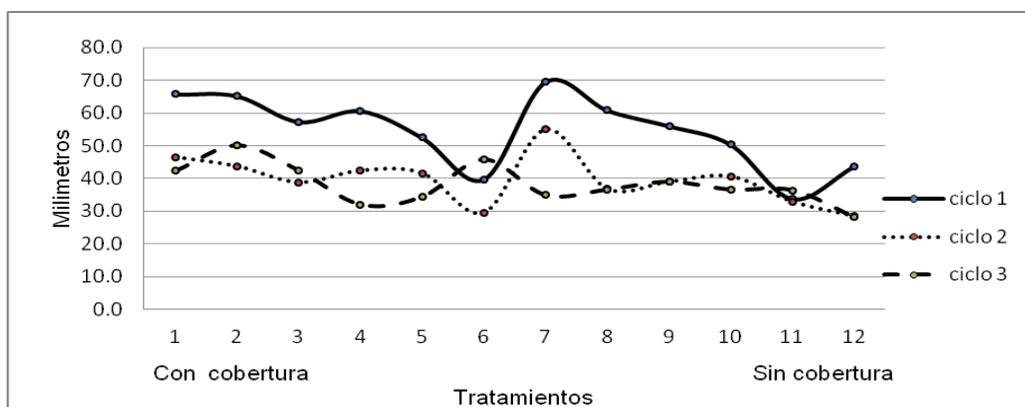


Gráfico 2. Diámetro ecuatorial de bulbo de cebolla (*Allium cepa* L) Ciclos 1 2 y 3

El ciclo 1 resultó con los valores mayores, tanto en suelo cubierto como descubierto, siendo superado únicamente por el tratamiento 0% Lc en suelo cubierto, en el tercer ciclo. De acuerdo a estos resultados, Pereira y Zezzi-Arruda (2003), aseveran que la vermicomposta, en términos generales, por su gran bioestabilidad contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos y favorece el desarrollo de las plantas. Según exponen estos investigadores, se habría

esperado que esta naturaleza nutritiva de la lombricomposta fuera más evidente para el ciclo segundo, lo cual no ocurrió, sino en el primero.

Comparando entre tratamientos, los resultados obtenidos por Guerra (2000) concuerdan a lo encontrado en esta investigación, ya que en la evaluación de 4 diferentes sistemas de producción, donde uno de esos sistemas era un sistema orgánico con mulch (acolchado) vegetal, este superó a los demás tratamientos, presentando un 35% mayor rendimiento de ajo, que el sistema orgánico sin mulch. En nuestro caso, casi siempre el sustrato de 100% suelo dio menores valores que aquellos que contenían lombricomposta. Para el caso de esta variable la presencia de cobertura no logró mostrar valores superiores, estadísticamente hablando, sin embargo, es de resaltar que los tratamientos con esta condición, tuvieron a favor el hecho de que en ellos se aplicó solamente el 50% de la lámina de riego invertida en los tratamientos descubiertos. Como apoyo a esto, Duicela, *et al* (2003) encontraron que el uso de cobertura vegetal aplicado en los espacios entre hileras de cafetal tienen un efecto significativo sobre el incremento de la producción de los cafetales arábigos, equivalente al 21% más en relación del testigo sin cobertura.

Rendimiento de bulbo fresco

Tal como aparece en el Cuadro 2, la cobertura vegetal dio valores mayores solo en el ciclo 3 aunque, remarcando de nuevo, el gran ahorro de agua de riego por su implementación, ya es motivo de ventaja en esta ocasión, aun en los otros dos ciclos. En un sentido contrario a esta investigación, los resultados obtenidos por Villarreal (2006) en la producción de tomate, comparando tratamientos con y sin cobertura, él encontró que en frutos de tamaño pequeño no tuvo diferencia significativa entre tratamientos. Sin embargo, las plantas que crecieron en suelo con cobertura de la leguminosa *C. ternatea* produjeron el mayor número de frutos grandes, seguidas por las que tuvieron cobertura de *M. pruriens* y acolchado plástico. Las plantas que crecieron en suelo desnudo produjeron la menor cantidad de frutos grandes. Los tratamientos de *C. ternatea* y acolchado plástico rindieron la mayor cantidad de frutos medianos, mientras que en suelo desnudo se produjo la menor cantidad. El mayor rendimiento de fruto se obtuvo en el tratamiento de cobertura con *C. ternatea* y el menor se observó en el suelo desnudo.

Por otra parte, la presencia de lombricomposta en las mezclas analizadas en este experimento (Gráfico 3), en cada ciclo fue factor positivo para esta variable; aunque también, de forma bastante clara se puede apreciar que al paso de los ciclos, la lombricomposta fue manifestando menores valores de la variable en cuestión.

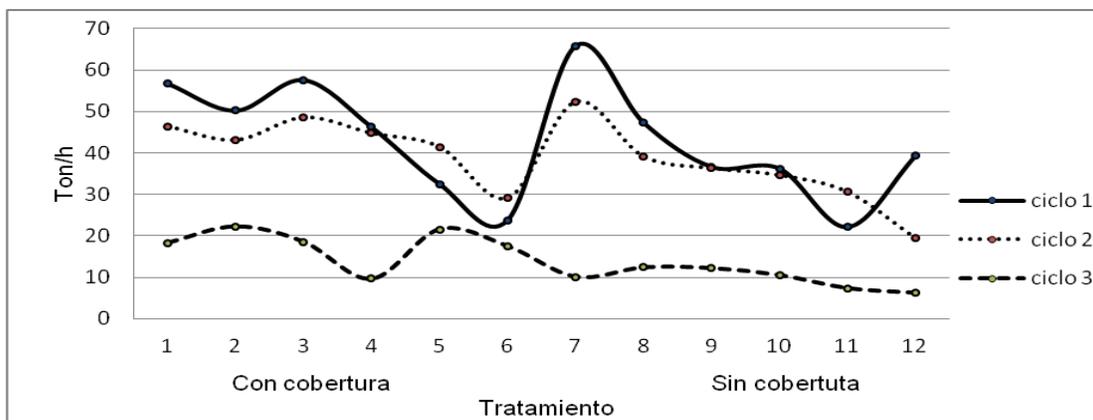


Gráfico 3. Rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L) Ciclos 1 2 y 3

Conclusiones

El empleo combinado de cobertura vegetal y lombricomposta en la producción agrícola a campo abierto generó medidas de diámetro ecuatorial comercialmente aceptables y nivel de rendimiento suficientes; durante tres ciclos consecutivos de producción de cebolla a campo abierto, con ahorro de 50% de agua de riego, por lo que se recomienda su implementación para mayor vida útil del suelo agrícola.

Literatura Citada

- Duicela, L., R. Corral, F. Chóez, J. Ramírez y R. Palma. 2003. Influencia de las abonaduras orgánicas sobre el crecimiento vegetativo de las plántulas de café en el vivero. Consejo cafetalero Nacional. Ecuador.
- Guerra, A. 2000. Efecto del sistema de agricultura orgánica y la cobertura (Mulch) vegetal en lechuga y ajo durante tres años en el Valle de Constanza, República Dominicana. Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA-SEA). Departamento de Investigaciones Agropecuarias, Secretaría de Estado de Agricultura. En Memoria Anual. Sociedad Caribeña de cultivos Alimenticios (CFCS) Vol. XXXVI. República Dominicana. pp: 75
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). 2011. Sistema de cuentas nacionales de México. Cuentas económicas y ecológicas de México, 2005 – 2009. INEGI. México. 170 pp.
- Ojeda, W., M. Iñiguez y J. M. González. 2010. Vulnerabilidad de la agricultura de riego en México ante el cambio climático. Capítulo 5: Efectos del cambio climático en los recursos hídricos de México. IMTA 3: 115 – 164.
- Olivares, S., E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL. Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L
- Pereira, M. and M. Zezzi-Arruda. 2003. Vermicompost as a natural adsorbent material: Characterization and Potentialities for Cadmium Adsorption. J. Braz. Chem. Soc., 14(1): 39-47.
- Román, A., M.A. Inzunza, M. Villa y E.A. Catalán. 2011. Modelación del abatimiento de pozos profundos. Terra Latinoamericana. 29: 1 – 10.
- Salazar, E., H. Trejo, J. López, C. Vázquez, J. Serrato, I. Orona y J. Flores. 2010. Efecto residual de estiércol de bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. Terra Latinoamericana. 28: 381 – 390.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. 1987. Norma Mexicana NMX – FF - 021-1986 Productos Alimenticios no Industrializados para Consumo Humano-Tubérculo-Cebolla (*Allium Cepa* L.) Especificaciones. SECOFI. México.
- Villarreal, M., S. Hernández, P. Sánchez, R. García, T. Osuna, S. Parra y A. Armenta. 2006. Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. Terra Latinoamericana. 24: 549-556.

EVALUACIÓN DE CUATRO HÍBRIDOS DE GIRASOL (*Helianthus annuus*) BAJO TRES REGÍMENES HIDRÍCOS Y DOS DOSIS DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE FLOR

García-Acedo Carlos¹, Carrillo-Ávila Eugenio², Arreola-Enríquez Jesús², Landeros-Sánchez Cesáreo³.

¹Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Campeche, e-mail: garciaacedo@hotmail.com; ²Colegio de Postgraduados Campus Campeche; ³Colegio de Postgraduados Campus Veracruz.

Resumen

Con el objetivo de generar tecnología para la producción de girasol para corte en Campeche, se evaluaron tres factores: tensión de humedad al momento del riego, híbridos y fertilización, con tres, cuatro y dos niveles, respectivamente, en un arreglo de parcelas subdivididas alojado en un diseño de bloques, con tres repeticiones. Se evaluaron las variables de respuesta: porcentaje de emergencia (PE), altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT), diámetro interno (DIC), externo (DEC) y peso del capítulo (PC), número de capítulos grandes (NCG) y chicos (NCCh). El riego afectó de manera significativa DT, aunque en AP, DIC, DEC y PC no tuvo efectos significativos al 5%; sin embargo los mayores valores se encontraron cuando se aplicó a la tensión de humedad más baja (-10 kPa). En todas las variables se encontraron efectos altamente significativos de los híbridos: "Full Sun" tuvo significativamente mayores AP y DT, "Prado Red Shade" presentó estadísticamente menor AP y mayores NCCh y NCG. Los híbridos "Full Sun" y "GH82" tuvieron DIC y DEC estadísticamente mayores. Únicamente en PC el factor fertilización tuvo un efecto significativo. Se concluye que el riego mejora las características morfológicas del girasol. Se recomienda establecer los híbridos "Full Sun" y "GH 382" si se quiere producir capítulos grandes; en cambio, se recomiendan los híbridos "Sunbright" y "Prado red shade" si se quieren capítulos chicos. Este último debe ser establecido si se quiere producir un gran número de capítulos.

Palabras clave: Producción de flor, Tensión de humedad, Riego, Características morfológicas.

Abstract

With the objective of creating technology for the production of sunflower for cut in Campeche, three factors were evaluated: soil moisture tension as indicator of irrigation start, hybrids established, and fertilization dose, with three, four and two levels, respectively, in a design of sub-split plot arrangement in a completely random block with three replications. The response variables: percentage of emergence (PE), plant height (PH), stem diameter (DT), inner inflorescence diameter (DIC), external inflorescence diameter (DEC) and weight of the inflorescence (PC), number of large inflorescences (NCG) and number of small inflorescences (NCCh) were evaluated. Irrigation significantly affected DT, although in AP, DIC, DEC and PC had no significant effect at 5%, but higher values were observed when irrigation was applied at the lower soil moisture tension (-10 kPa). Highly significant effects of the hybrids were found in all variables: "Full Sun" had significantly greater AP and DT, "Prado Red Shade" showed statistically lower AP and higher NCCh and NCG. Hybrids "Full Sun" and "GH 382" had statistically higher DIC and DEC. Fertilization factor had a significant effect only on the PC variable. We conclude that irrigation improves the morphology of sunflower. If the producer wants to produce large inflorescences, the hybrids: "Full Sun" and "GH 382" should be established; whereas if small inflorescences are preferred, the hybrids "Sunbright" and "Prado red shade" are recommended. The latter must be established if producing a large number of inflorescences is sought.

Index words: Flower production, Soil moisture tension, Irrigation, Morphological characteristics.

Introducción

En Campeche, aunque se producen flores, la actividad no ha logrado tener un impacto socioeconómico importante, por lo que es un área de oportunidad, ya que el estado cuenta con los recursos edafoclimáticos que requieren la mayoría de las flores tropicales. A pesar de ello, los ingresos generados por el comercio de flores son del orden de los 850 000 pesos al año (Musalem *et al.*, 2006). No obstante, sigue siendo

considerada como una actividad productiva relativamente nueva para la gente del campo, quienes emplean la mano de obra familiar en pequeñas superficies, en donde la productividad se ve mermada por la falta de paquetes tecnológicos para el cultivo, lo que provoca una baja calidad de la flor, por lo que solo se comercializa en el mercado local.

El presente trabajo tuvo como objetivo generar tecnología para la producción de girasol, acorde con las condiciones del estado de Campeche. Se evaluó la respuesta de cuatro híbridos de girasol (Sunbright, Prado Red Shade, Full Sun y GH-382) a la aplicación diferenciada de riegos, bajo dos dosis de fertilización, sobre la producción de flor para corte, bajo la hipótesis de que los diferentes híbridos presentan características productivas y de calidad de flor que responden a la aplicación de diferentes niveles de tensión de humedad del agua en el suelo al momento de iniciar el riego y a diferentes dosis de fertilización aplicada.

Materiales y Métodos

El trabajo se llevó a cabo en el centro "Xamantun," del Instituto Tecnológico de Chiná, ubicado en el km 15 de la carretera Campeche-Tixmucuy. El área experimental tuvo una superficie de 500 m², de suelo profundo tipo Luvisol férrico ródicico según la clasificación FAO/UNESCO, con una alta velocidad de infiltración del agua y bajo contenido de materia orgánica. Se instaló un sistema de riego con tubería de PVC de 2" de diámetro y cintilla T-Tape calibre 8000. Para el control de los riegos se instalaron llaves de paso de mariposa independientes para cada bloque, que permitieron controlar el momento de inicio y de terminación de los riegos en cada bloque. La siembra se realizó en abril de 2007. La distancia de siembra entre plantas fue de 30 cm y de 1 m entre surcos, con dos semillas por golpe.

Diseño Experimental. Se probaron tres factores: Tensión de humedad al momento del riego, híbridos y dosis de fertilización, en un arreglo en parcelas subdivididas, alojado en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

Factor tensión de humedad. El efecto del riego fue evaluado con base en diferentes valores de la tensión de humedad del agua en el suelo al momento del riego, de manera similar a los trabajos de Wang *et al.* (2007) y Rivera-Hernández *et al.* (2010). Se probaron los niveles de -10, -35 y -60 kPa. El control de los riegos aplicados sobre las parcelas grandes, en las que se aplicó el factor, fue realizado de acuerdo a la tensión del agua en el suelo correspondiente a cada nivel, medida con tensiómetros de manómetro instalados en el centro de cada parcela grande, cuya cápsula porosa se instaló a 0.3 m de profundidad. El riego en cada parcela grande se inició cuando la lectura en el manómetro del tensiómetro alcanzó el valor predeterminado, y se prolongó hasta que la manecilla del manómetro regresó a cero (suelo saturado de agua). Se llevó un registro del tiempo de riego en cada una de las parcelas grandes dentro de los bloques, a fin de calcular la cantidad de agua aplicada en cada riego para cada tratamiento.

Factor híbridos. Los niveles (híbridos) fueron: H1: "Sunlight"; H2: "Prado Red Shade"; H3: "Full Sun"; y H4: "GH82".

Factor fertilización: Los niveles del factor fueron: F1: Fórmula de fertilización 60-50-0; F2: Fórmula 30-25-0. Fueron definidas con base en los resultados del análisis químico del suelo de la parcela experimental.

Tratamientos. La combinación de los niveles de cada factor dio lugar a los tratamientos bajo estudio.

Variables evaluadas: Durante el desarrollo vegetativo se determinaron: porcentaje de emergencia (PE); Altura de la planta (AP); diámetro del tallo (DT); longitud de entrenudos del tallo (LNT); ancho de la hoja (AH); largo de la hoja (LH) y distancia total de la hoja (DTH) que se determinaron en el primer par de hojas. Durante la floración se evaluaron: diámetro del capítulo floral (DC); días al primer capítulo floral (DCF); peso del capítulo (PC); número de capítulos por planta (NCP). Para su cuantificación semanal se seleccionaron al azar dos plantas por cada surco en cada híbrido y cada dosis de fertilización dando un total de 6 plantas en las que se determinaron las variables para cada unidad experimental.

Cosecha. Se efectuó en forma manual conforme los capítulos alcanzaron el tamaño comercial.

Análisis Estadístico de la Información

Se realizó el análisis de varianza del arreglo en parcelas subdivididas alojado en el diseño de bloques completos al azar. En las variables en las que se detectaron diferencias estadísticas entre tratamientos se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Resultados y Discusión

Evolución Temporal de la Tensión de Humedad. En la Figura 1 se ilustra la evolución de la tensión de humedad en el suelo, así como la forma en la que se definió el momento del riego en cada parcela grande. Las flechas indican el momento de aplicación de los riegos de acuerdo al tratamiento. Los riegos fueron más frecuentes en el tratamiento R1 en el que el suelo permaneció más húmedo, y menos frecuentes para R3 en el que el suelo permaneció más seco, aunque fueron de mayor magnitud. En el Cuadro 1 se incluye el número de riegos y la lámina aplicada por tratamiento en cada bloque. También se incluye la lámina de riego promedio y la lámina total de agua que recibió cada tratamiento de tensión de humedad.

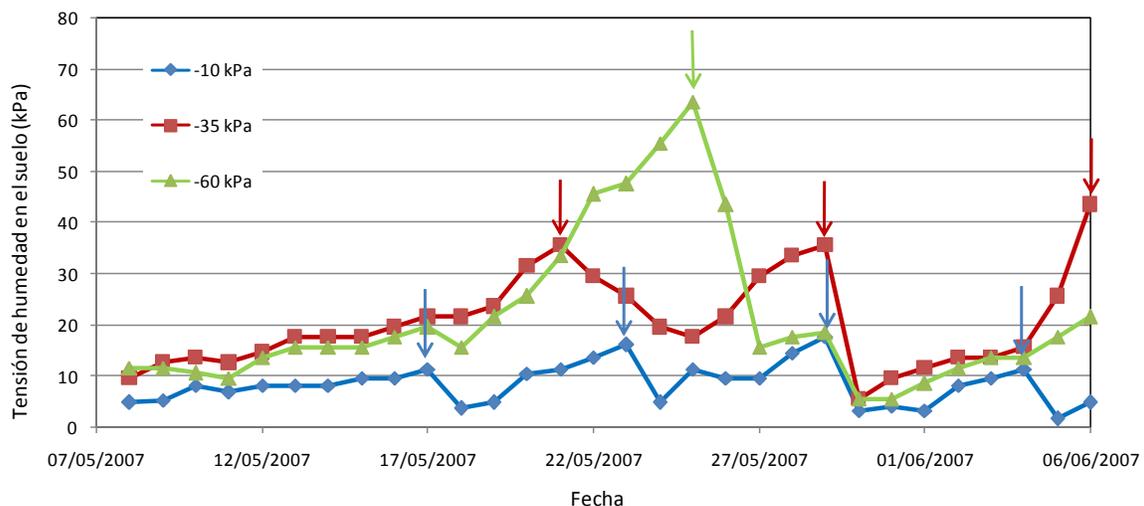


Figura 1. Evolución de la tensión de humedad en el suelo. Las flechas indican el momento de aplicación de los riegos en cada tratamiento.

Cuadro 1. Número de riegos aplicados y lámina de agua aplicada en los tratamientos de tensión de humedad evaluados.

Tratamiento de riego	Bloque uno		Bloque dos		Bloque tres		Lrm	Lr+pp
	Nr	Lr	Nr	Lr	Nr	Lr		
		Mm		Mm		mm	mm	mm
-10 kPa	13	325	12	300	14	350	325	405.6
-35 kPa	10	250	8	200	7	175	208.2	288.8
-60 Kpa	5	125	4	100	3	75	100	180.6

Nr = Número de riegos, Lr = Lámina de riego, Lrm = Lámina de riego promedio, Lr+pp = Lámina de riego promedio más precipitación.

Resultados del Análisis de Varianza

Efecto del factor tensión de humedad. Se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para DT: a menor tensión de humedad en el suelo se encontró un DT significativamente mayor, con una diferencia promedio de más de 5 mm. En AP no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos de riego ($p=0.05$). Sin embargo, el nivel de significancia encontrado fue de apenas 0.08, y nuevamente a menor tensión de humedad en el suelo se obtuvieron tallos más altos: los tallos de las plantas que recibieron el agua con una menor tensión (más riegos) fueron en promedio más de 30 cm más altos. En

NCG y NCCh no se encontraron efectos significativos del factor riego, lo que indica que dichas variables no dependen del estrés hídrico aplicado, y son determinadas por factores genéticos. En DIC y DEC, así como en PC no se detectaron efectos significativos al 5%; sin embargo sus niveles de significancia observados fueron 0.073, 0.072 y 0.061, respectivamente, valores muy cercanos del nivel de significancia utilizado para la prueba. En todos los casos los mayores valores fueron encontrados para la menor tensión (-10 kPa), con un comportamiento decreciente conforme se aumentó la tensión (menos riegos): Las plantas tuvieron en promedio un DIC casi 18 mm mayor, un DEC más de 20 mm mayor y un PC más de 44 g mayor en el tratamiento con menor tensión respecto del tratamiento más seco.

Efecto del factor "híbridos". En todas las variables de respuesta el efecto fue altamente significativo: —FullSun" presentó un DT y una AP significativamente mayores que el resto, variables en las que —Prado red shade" presentó valores significativamente menores. Sin embargo, este último produjo en promedio casi seis NCG y más de 16 NCCh, valores significativamente superiores a los del resto de híbridos, que solo produjeron en promedio un capítulo NCG. Por lo que respecta a las características morfológicas de las flores, los híbridos —Fl Sun" y —GH82" produjeron capítulos con DEC y DIC significativamente mayores respecto de los otros dos híbridos, que produjeron capítulos significativamente más pequeños: en el híbrido —Fl sun" DEC fue en promedio de 8.4 cm, muy superior al DEC promedio de los capítulos del híbrido —Prado red shade", que en promedio apenas sobrepasó los cinco centímetros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación múltiple de medias para las variables de respuesta. Factor híbridos.

Híbridos	DT		AP		NCG		NCCh		DEC		DIC		PC	
	mm		Cm						mm		mm		G	
Sunbright	18.81	bc†	112.25	bc	1	b	0	b	54.0	b	50.7	bc	129.7	b
Prado Red Shade	15.07	c	94.12	c	5.7	a	16.1	a	50.5	b	44.7	c	62.6	b
Full Sun	24.99	a	192.79	a	1	b	0	b	84.0	a	76.6	a	119.7	b
GH 382	19.32	b	117.27	b	1	b	2.22	b	76.4	a	68.7	ab	253.4	a
	DMS =		DMS =		DMS =		DMS =		DMS =		DMS =		DMS =	
	4.07 mm		22.7 cm		0.9		4.9		20.2 mm		18.1 mm		92 g	

†Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). DT = Diámetro del tallo, AP = Altura de planta, NCG = Número de capítulos grandes por planta, NCCH = Número de capítulos chicos por planta; DEC = Diámetro externo del capítulo, DIC = Diámetro interno del capítulo, PC = Peso del capítulo, DMS = Diferencia mínima significativa.

En el híbrido —GH82" PC fue significativamente mayor: en promedio sus capítulos pesaron más de 250 g, debido a que se considera para producción de semilla y aceite (Díaz-Zorita *et al.*, 2003); mientras que los capítulos del híbrido —Prado red shade" apenas sobrepasaron los 60 g. A pesar de que el híbrido —Fl sun" produjo capítulos grandes, su PC fue de 119 g, mucho menor que en el híbrido —GH82" con el que sin embargo compartieron la característica de ser los de mayor tamaño.

Efecto del factor fertilización

No se detectaron efectos significativos en las variables DT, AP, NCG, NCCh, DIC y DEC. Únicamente en la variable PC se detectaron efectos significativos de la fertilización, con un peso estadísticamente mayor cuando se aplicó la fórmula de fertilización 30-25-00.

Efecto de las interacciones dobles y triples. Únicamente en la interacción doble híbrido por fertilización de la variable PC se encontraron efectos significativos; en el resto de interacciones dobles de las demás variables no fueron encontrados efectos significativos, por lo que prácticamente ningún par de factores interactuaron entre sí. En cambio en la interacción triple se encontraron efectos significativos para la variable NCCh, y efectos altamente significativos para las variables DT, AP, DIC, DEC y PC.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

El riego afectó de manera significativa la variable DT, y aunque en las variables AP, DIC, DEC y PC no se detectaron efectos significativos, el nivel observado de significancia en todas ellas (0.089, 0.073, 0.072 y 0.061 respectivamente) se encontró muy cerca del nivel de significancia utilizado ($P \leq 0.05$) para la prueba. En todos los casos los mayores valores se obtuvieron cuando el riego se aplicó a la tensión de humedad más baja (-10 kPa), con más riegos.

Para obtener los valores más altos en desarrollo de las plantas de girasol, con capítulos más grandes y pesados, se aplicaron en promedio 13 riegos durante el ciclo vegetativo del girasol, con los que se aplicó una lámina de riego promedio de 325 mm.

Únicamente en las variables NCG y NCCh los efectos de los factores riego y fertilización fueron claramente no significativos, lo que indica que ambas dependen más bien de factores genéticos que del estrés al que se sometan las plantas.

En todas las variables se encontraron efectos altamente significativos del factor híbridos: —Full sun” presentó una mayor AP y DT, mientras que en —Pado red Shade” AP fue significativamente menor; este último presentó un número de capítulos significativamente mayor, tanto NCCh como NCG. Los capítulos de los híbridos —Full sun” y —GHB82” tuvieron DC significativamente mayores y los capítulos de —GH 382” fueron significativamente más pesados.

Únicamente en la variable PC se encontró un efecto significativo del factor fertilización.

Recomendaciones

Para obtener los valores más altos en desarrollo de las plantas de girasol, con capítulos más grandes y pesados, se recomienda aplicar riegos con cintilla al cultivo de girasol a una tensión de humedad a 30 cm de profundidad en el perfil de -10 kPa, medida con tensiómetros de manómetro.

Si no se dispone de tensiómetros, se recomienda aplicar un promedio 13 riegos durante el ciclo vegetativo del girasol, con riego por cintilla y con una duración de los riegos de cuatro horas. Esta recomendación es válida para la temporada de siembra usada en el trabajo y para Campeche.

Dependiendo del mercado al que se destinen, se recomienda establecer plantaciones con los híbridos —Full Sun” y —GHB82” si se quieren obtener capítulos grandes; en cambio, se recomienda cultivar —Pado red shade” y —Sunlight” si se quieren producir capítulos chicos.

Si se quiere producir un gran número de capítulos, se recomienda cultivar el híbrido —Pado Red shade”, con el que en promedio se produjeron casi seis NCG y más de 16 NCCh por planta.

Se recomienda aplicar la fórmula de fertilización 30-25-00 al cultivo, con la que se obtuvieron valores en las variables de respuesta estadísticamente iguales a los observados en la otra fórmula de fertilización evaluada. Nuevamente, esta recomendación es válida para suelos similares al de la parcela experimental usada en el trabajo, bajo las condiciones imperantes en los suelos de Campeche (sustrato calizo rico en potasio).

Literatura citada

- Díaz-Zorita, M., G.A. Duarte, E. Plante D.Z. 2003. El cultivo del girasol. Asociación Argentina de Girasol ASAGIR. http://www.asagir.org.ar/Publicaciones/Cuadernillo_web.pdf. (consultada abril 22 de 2011).
- Musalem, L.O., Olvera, G.J., Ochoa, B.R. y Ortega, R.C. 2006. La floricultura Mexicana, el gigante que está despertando. Revista Claridades Agropecuarias (154): 3-38. <http://www.infoserca.gob.mx/claridades/revistas/154/ca154.pdf> (consultada abril 23 de 2011).
- Rivera-Hernández, B., E. Carrillo-Ávila, J.J. Obrador-Olán, J.F. Juárez-López, and L.A. Aceves-Navarro. 2010. Morphological quality of sweet corn (*Zea mays* L.) ears as response to soil moisture tension and phosphate fertilization in Campeche, Mexico. *Agricultural Water Management* 97 (9): 1365–1374.
- Wang, F. X., Y. Kang, S. P. Liu y X. Y. Hou, 2007. Effects of soil matric potential on potato growth under drip irrigation in the North China Plain. *Agricultural Water Management* 88: 34-42

BIOFERTILIZACIÓN, SIEMBRA A DOBLE HILERA Y AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL CULTIVO DE CEBADA

Beltrán López Sergio¹, **Loredo-Osti Catarina**^{2*}, Zamora Díaz Mauro¹ Peña del Río Ma. Angeles¹ y Lara Mireles José Luis²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; CIRNE y CIRCE

²Facultad de Agronomía de la UASLP; *Autor responsable: catarina.loredo@uaslp.mx

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso de biofertilizantes, siembra a doble hilera y uso del multiarado en el cultivo de la cebada en San Luis Potosí. Se establecieron siete parcelas en terrenos de productores cooperantes en los ciclos PV-2007 y PV-2008, en cinco localidades del municipio de Villa de Arriaga, S. L. P. Se compararon labranza de conservación (barbecho vs multiarado), siembra mecanizada (voleo vs doble hilera) y biofertilización (inóculo a base de micorriza y bacterias PGPR). Se observaron diferencias altamente significativas en rendimiento de grano para el factor tipo de siembra (S); y diferencias significativas para la fertilización química (F); el efecto del método de labranza (L) no fue estadísticamente significativo; la interacción con significancia estadística fue L*S*F. El rendimiento de grano se vio incrementado favorablemente por el tipo de siembra y el uso de fertilizantes y estos factores no son independientes. El mayor rendimiento por hectárea se obtuvo con la siembra a doble hilera con fertilización química, barbecho y biofertilizante (2.94 ton ha⁻¹), seguido de siembra a doble hilera con fertilización química, cinceles y biofertilizante (2.7 ton ha⁻¹).

Palabras clave: micorriza, cebada maltera y método de siembra.

Abstract

The aim of this study was to evaluate the effect of the use of bioinoculum, double row (method of sowing) and use of the multi plow, in barley cultivation in San Luis Potosí. Seven plots were established in cooperating producers lands in the PV-2007 and PV-2008 cycles in five localities of Villa of Arriaga, S. L. P. One conservation agriculture method was compared vs traditional method (fallow vs multi plow), mechanized sowing (bolley vs double row) and bioinoculum use (inoculum of mycorrhizae and PGPR bacteria). Highly significant differences in performance of grain for the type of planting (S) factor; and significant differences for chemical fertilization (F) were observed; the effect of tillage method (L) was not statistically significant; interaction L * S * F presented statistical significance. The grain yield was increased by the type of sowing and fertilizer use, and these factors were not independent. The increased yield per hectare was obtained with the double row sowing with chemical fertilization, fallow and bioinoculum (2.94 ton ha⁻¹), followed by planting in double row with chemical fertilization, chisels and bioinoculum use (2.7 ton ha⁻¹).

Keywords: Mycorrhizae, barley and seeding method.

Introducción

La superficie sembrada con cebada de grano en San Luis Potosí, en los últimos 10 años es de 7020 ha en promedio, de las cuales solo 72% fue cosechada y 28% sufrió siniestros ocasionados por sequía. Los costos de producción relacionados con la preparación del terreno, adquisición de semilla, siembra, trilla y acarreo son altos. Sin embargo, el INIFAP ha generado y validado tecnología para el uso del multiarado y el sistema de siembra a doble hilera en el cultivo de la cebada en condiciones de temporal, bajo la premisa de que estos componentes tecnológicos permiten mejorar la infiltración del agua, tener una reducción de costos en la preparación del terreno, un mejor aprovechamiento del agua de lluvia, así como reducción en la cantidad de semilla/ha, entre otros beneficios (Beltrán *et al.*, 2009). Además, existen evidencias del efecto benéfico de rizobacterias y hongos micorrízicos sobre el desarrollo de los cultivos (Loredo *et al.*, 2007). El INIFAP ha desarrollado técnicas de biofertilización basadas en estos microorganismos para el cultivo de la cebada, en condiciones de temporal deficiente. El objetivo de este trabajo fue evaluar tres

componentes tecnológicos en el cultivo de cebada en Villa de Arriaga durante 2007 y 2008. A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estos componentes:

Multiarado

El método de preparación del suelo con "multiarado" consiste en la roturación del suelo, sin invertir el perfil en el estrato 0-30 cm. El multiarado está conformado por un cincel modificado, con una punta de arado rancharo y aletas cortadoras. Este implemento rotura el suelo sin invertirlo, dejando residuos de cosecha en la superficie. Las aletas cortadoras trozan las raíces de las plantas presentes, por lo que es un excelente método para controlar maleza anual y perenne como el pasto Johnson y gramilla; permite controlar el rebrote de plantas de cultivos como el sorgo y la avena (Martínez *et al.*, 2008). Los mismos autores señalan que un beneficio adicional de las aletas es el de romper el suelo en forma horizontal, acción que lo diferencia de los cincelos tradicionales, los cuales roturan el suelo solo en forma vertical. La principal ventaja de esta roturación horizontal es el incremento en la infiltración del agua en el suelo después de preparado el terreno y durante el ciclo del cultivo.

Biofertilizantes

Un biofertilizante es un producto biológico a base de microorganismos (agentes promotores del crecimiento vegetal), cuya actividad fisiológica permite promover el crecimiento de las plantas. En el caso de cebada, ha sido aplicado con éxito en el municipio de Villa Arriaga, S.L.P. (Loredo *et al.*, 2005). Los principales organismos utilizados como biofertilizante son los hongos formadores de micorriza (HFM) y las bacterias fijadoras de nitrógeno o productoras de sustancias reguladoras del crecimiento (bacterias PGPR por sus siglas en inglés Plant Growth Promoting Rhizobacteria). Estos microorganismos pueden ser fijadores de nitrógeno atmosférico o solubilizadores de fósforo o pueden producir sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, con lo cual es posible sustituir o al menos reducir el uso de agroquímicos, así como la contaminación generada por los mismos (Loredo *et al.*, 2004). En el caso de las bacterias PGPR el inóculo generalmente proviene del cultivo puro de una cepa bacteriana aislada de la raíz de una planta de interés e identificada como bacteria promotora del crecimiento vegetal, a través de pruebas de laboratorio; la bacteria es multiplicada en caldo nutritivo o en medios de cultivo específicos y de ahí transferida al sustrato acarreador, a través de diluciones que permiten alcanzar la concentración (carga bacteriana) requerida (Loredo *et al.*, 2007). El inóculo de las micorrizas puede consistir de esporas, hifas, fragmentos de cuerpos fructíferos, raíces colonizadas y, en su caso, suelo rizosférico donde exista el hongo en forma abundante proveniente de un sistema radical sano (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2004). En el caso de los hongos micorrízicos, los que se usan como biofertilizante para cultivos agrícolas son los endófitos (endomycorrizas), los cuales se denominan así, porque además de colonizar el exterior de la raíz, invaden el tejido radical en forma inter e intracelular.

Siembra a doble hilera

El método de siembra a doble hilera, representa una opción para resolver en parte la problemática en la producción de cebada, ya que reduce de 100 a 70 kilos de semilla por hectárea, favorece el control cultural de la maleza e incrementa la humedad disponible para el cultivo. Los principales beneficios asociados a esta tecnología son: reducción de la cantidad de semilla/ha, se puede realizar pileteo, se infiltra una mayor cantidad de agua, se puede realizar control mecánico de la maleza y se puede lograr ser más eficiente en la cosecha (Beltrán *et al.*, 2009).

Materiales y Métodos

La validación de los tres componentes tecnológicos se realizó en el municipio de Villa de Arriaga, en terrenos de productores cooperantes, donde el clima es del tipo seco estepario (BS), subtipos semiseco, el período lluvioso comprende los meses de junio a septiembre. Durante el ciclo agrícola PV-2007, se establecieron cinco parcelas en terrenos de productores y dos parcelas más en el ciclo PV-2008. Las tecnologías validadas fueron las siguientes: multiarado vs barbecho con discos; siembra al voleo vs siembra a doble hilera; biofertilización; fertilización química vs sin fertilización química. La ubicación y

distribución de los tratamientos en cada parcela trabajada se presenta en el Cuadro 1. En el caso de los biofertilizantes se comparó el tratamiento bioinoculado con micorrizas y la cepa bacteriana INI1R2 contra el tratamiento sin biofertilización, así como la comparación de la fertilización química vs sin fertilizante. El inóculo bacteriano fue proporcionado por el CE San Luis del INIFAP; el hongo micorrízico fue proporcionado por el CE General Terán-CIRNE-INIFAP.

Inoculación y siembra. Las semillas de cebada fueron inoculadas al momento de la siembra, con un sustrato que contenía una carga bacteriana 1×10^7 ufc g^{-1} de la cepa bacteriana INI-1R2. En los tratamientos con micorriza se usó una concentración de ≥ 200 esporas/g del hongo micorrízico *Glomus intraradices*. Se aplicó también un adherente. La semilla de cebada (100 kg/ha) fue inoculada manualmente con cuatro kilos de sustrato conteniendo el biofertilizante. La siembra se realizó una vez establecido el período de lluvias. Para el control de plagas, enfermedades y cosecha, se siguieron las recomendaciones del INIFAP para estos cultivos. Cuando se requirió, los tratamientos se analizaron utilizando el procedimiento GLM del Statical Analysis System (SAS, 1985). Cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0,05$).

Cuadro 1. Componentes técnicos probados en los módulos de validación y transferencia de tecnología para el cultivo de cebada en Villa de Arriaga, S. L. P. en condiciones de temporal (ciclos PV-2007 y PV-2008).

Localidad/año	Tipo de labranza	Tipo de siembra	Tratamientos de fertilización
Emiliano Zapata (2007)	cinceles	hileras	Con biofertilizante
	barbecho	voleo	con fertilizante químico VS sin Fertilizante Químico
Guadalupe Victoria (2007)	multiarado	doble hilera	Con biofertilizante VS sin biofertilizante
		voleo	con fertilizante químico VS sin fertilizante químico
Francisco I. Madero (2007)	multiarado	doble hilera	Con biofertilizante
	cinceles barbecho	voleo	con fertilizante químico VS sin Fertilizante Químico
La Lugarda (2007)	multiarado	doble hilera	Con biofertilizante VS sin biofertilizante
	barbecho	voleo	con fertilizante químico VS sin Fertilizante. Químico.
Villa de Arriaga (2007)	Multiarado	doble hilera	Con biofertilizante VS sin biofertilizante con fertilizante químico VS sin Fertilizante. Químico
La Lugarda (2008)	multiarado	doble hilera	Con biofertilizante
	barbecho	voleo	con fertilizante químico VS sin Fertilizante Químico
Emiliano Zapata (2008)	cinceles	hileras	Con biofertilizante
	barbecho	voleo	con fertilizante químico VS sin Fertilizante Químico

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos en la localidad Guadalupe Victoria, Mpio. de Villa de Arriaga se pueden presentar en la Figura 1. Se observó que en los tratamientos sembrados a doble hilera se tuvo un mayor número de plantas, sin embargo la capacidad de amacollamiento fue mayor en la siembra al voleo; ambos factores inciden en el número de tallos por hectárea.

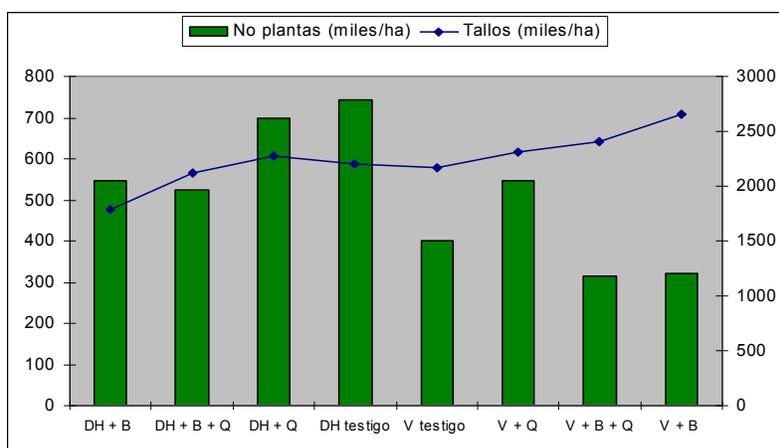


Figura 1. Número de plantas y tallos obtenidos en diferentes tratamientos de siembra, fertilización química y biofertilización en el cultivo de cebada maltera en Guadalupe Victoria, Mpio. de Villa Arriaga, en el ciclo agrícola primavera-verano 2007 (DH= siembra a doble hilera; V=siembra al voleo; B=bioinoculación con micorriza y la cepa IN1R2; FQ=fertilización química).

Si consideramos la variable rendimiento de grano, de acuerdo al análisis de varianza (Cuadro 2), se encontraron diferencias altamente significativas para el factor tipo de siembra (S), diferencias estadísticas significativas para el factor biofertilización (B) y para el factor fertilización química (F) las diferencias no fueron significativas. También tuvo efecto significativo la interacción S*B y la interacción S*F. Esto significa que el rendimiento de grano se vió afectado favorablemente por el tipo de siembra, el uso de biofertilizantes y la fertilización química y que estos tres factores no son independientes.

El mejor tratamiento fue la siembra a doble hilera con fertilización química, donde se obtuvieron 2.19 toneladas de grano y 3.83 toneladas de paja (Figura 2). El segundo mejor tratamiento fue la siembra al voleo con biofertilizante con 2.14 ton/ha de grano y 3.61 ton/ha de paja. Los tratamientos que presentaron los rendimientos más bajos fueron la siembra al voleo sin fertilizante químico y la siembra al voleo con fertilizante químico.

Cuadro 2. Análisis de varianza para producción de grano de cebada bajo tratamientos de siembra, fertilización química y biofertilizantes en Villa de Arriaga, en el ciclo agrícola PV 2007.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL	SC	CME	valor de F	Pr>F
Modelo	7	4.4581	0.6369	3.62	0.016
Método de siembra (S)	1	1.7756	1.7756	10.10	0.006
Biofertilización (B)	1	0.8333	0.8333	4.74	0.045
Fertilización química (F)	1	0.1051	0.1051	0.60	0.451
Interacción S*B	1	0.7921	0.7921	4.50	0.050
Interacción S*F	1	0.7225	0.7225	4.11	0.060
Interacción B*F	1	0.2289	0.2289	1.30	0.271
Interacción S*B*F	1	0.0007	0.0007	0.004	0.951
Error	16	2.8132	0.1758		
Total	23	7.2713			

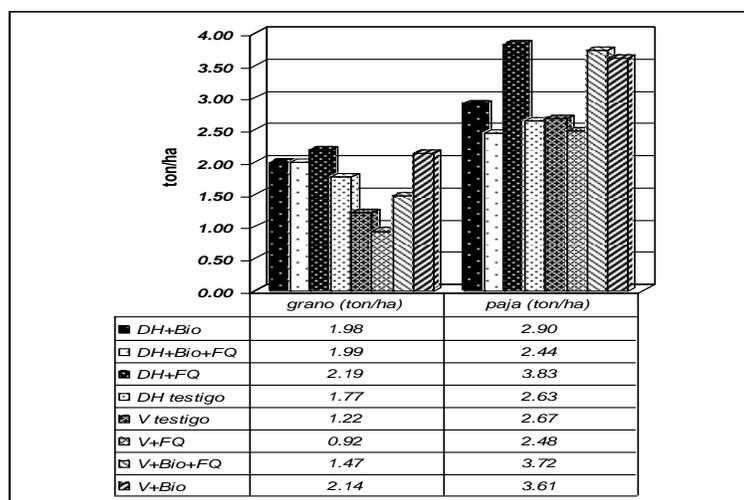


Figura 2. Rendimiento de grano y paja obtenidos en diferentes tratamientos de siembra, fertilización química y biofertilización en Guadalupe Victoria, Mpio. de Villa Arriaga, en el ciclo agrícola primavera-verano 2007 (DH= siembra a doble hilera; V=siembra al voleo; B=bioinoculación con micorriza y la cepa INI1R2; FQ=fertilización química).

Es importante mencionar que los tratamientos al voleo que fueron fertilizados químicamente mostraron un mejor desarrollo inicial que aquellos sembrados al voleo sin fertilizante químico, sin embargo se presentó una sequía posterior al amacollamiento donde el desarrollo inicial en lugar de ser una ventaja, fue desfavorable, ya que la humedad no fue suficiente para cubrir las demandas del cultivo. Si comparamos los métodos de siembra, la siembra a doble hilera superó a las siembras al voleo y el uso de biofertilizantes superó a los tratamientos sin biofertilizar.

En el ejido Francisco I. Madero se tuvieron tres fuentes de variación: LA= método de labranza (cincales, multiarado y barbecho); S= método de siembra (voleo y doble hilera); F=fertilización química (con fertilizante y sin fertilizante). En esa localidad, el rendimiento de grano se vio incrementado por el tipo de siembra y el uso de fertilizantes. El mejor tratamiento fue la siembra a doble hilera con fertilización química, barbecho y biofertilizante, donde se obtuvieron 2.94 toneladas de grano. El segundo mejor tratamiento fue siembra a doble hilera con fertilización química, cincales y biofertilizante (2.7 ton/ha) y el tercero siembra a doble hilera preparado con multiarado sin químico con 2.63 ton/ha de grano.

Conclusiones

- En preparación del terreno la cebada se desarrolla mejor cuando el terreno se prepara con multiarado que con barbecho más rastra.
- Con relación a los métodos de siembra el mejor método es la siembra a doble hilera, comparado con el método al voleo.
- La biofertilización de cebada con micorrizas y bacterias promotoras del crecimiento vegetal promueve el desarrollo y rendimiento de cebada. Sin embargo, cuando se aplica fertilizante químico y las plantas tienen cubiertos los requerimientos de N, el efecto de la inoculación no es evidente.
- La tecnología para cebada relativa al uso del multiarado, siembra a doble hilera y aplicación de biofertilizantes favorece el desarrollo y producción de cebada en condiciones de temporal deficiente.

Literatura Citada

Beltrán L. S., C. Loredó-Osti, M. Zamora D. y M.A. Martínez G. 2009. Validación y transferencia de tecnología de biofertilización, siembra mecanizada y agricultura de conservación en cebada. Informe Final de Proyecto. INIFAP-CIRNE-CE San Luis. 10 p.

- Ferrera-Cerrato R. y A. Alarcón. 2004. Biotecnología de los hongos micorrízicos arbusculares. In: —*La biofertilización como tecnología disponible*?. Memorias del Simposio de biofertilización. Primera edición. Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Carretera Matamoros-Reynosa km 61, Río Bravo, Tam., México. 1-9 p.
- Loredo Osti C., D. Espinosa-Victoria, R. Ferrera-Cerrato y J. Castellanos Ramos. 2005. Promoción del crecimiento vegetal por bacterias asociadas a plantas forrajeras. In: Memorias de las Conferencias Magistrales del II Simposio Internacional de Manejo de Pastizales. Zác. Méx. Páginas 68-78
- Loredo, O.C., López, R.L. y Espinosa, V.D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana* 22:225-239.
- Loredo-Osti C., S. Beltrán L., M. A. Peña del Río. 2007. Uso de biofertilizantes para la producción de maíz forrajero en condiciones de temporal. Folleto Científico No. 2. Campo Experimental San Luis-CIRNE-INIFAP. San Luis Potosí, S.L.P. México. 60 p.
- Martínez, G., M. A., E. S. Osuna C., J. S. Padilla R., J. A. Acosta G. y C. Loredo O. 2008. Tecnología para la producción de frijol en el Norte Centro de México. Libro Técnico No. 4. Campo Experimental San Luis CIRNE-INIFAP. 201 p.

EFFECTO DE *AZOSPIRILLUM BRASILENSE* COMO BIOFERTILIZANTE EN TRES TIPOS DE CHILES EN EL NOROESTE DE CHIHUAHUA

Osuna Avila Pedro ¹, Alain Torres¹, Borrego Alberto¹, Corral Baltazar ¹, Flores Juan Pedro ¹, Olivas Evangelina¹, Valenzuela Mario ¹

¹Universidad Autónoma de Cd Juárez, Chih. México. E-mail: posuna@uacj.mx

Resumen

El tipo de chile jalapeño junto con el tipo chilaca y Cayene contribuyen a la generación de empleos rurales y de otros sectores con más de 4,690,000 jornales. Estas cifras demuestran el impacto social y económico del cultivo en el estado. Los cultivos de chiles requieren de altas cantidades de fertilizantes nacionales o importados que elevan los costos de producción en el estado. Una alternativa para evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos es la inoculación con microorganismos promotores de crecimiento denominados también como "biofertilizantes". Los más utilizados como bioestimulantes son las bacterias del género *Rhizobium*, y recientemente *Azospirillum* ha tomado auge en los cereales. El objetivo fue evaluar el efecto de *Azospirillum brasilense* como biofertilizante en tres tipos de chile (Chilaca, Jalapeño y Cayene). Las semillas humedecidas fueron mezcladas con *A. brasilense* y sembradas en charolas de 78 orificios y después ser trasplantadas en vasos unicel de doce onzas conteniendo un sustrato sin esterilizar con una proporción de 2:1 (peat moss: sustrato para maceta Miraclo Grow). A los 5 semanas después del trasplante, fueron observadas diferencias significativas solo para la variable altura de planta en los tratamientos que utilizaron la bacteria *A. brasilense*. Lo más sobresaliente fue un color verde intenso en la parte aérea, quizás como producto de la traslocación de nitrógeno por parte de *Azospirillum*.

Palabras claves: rizósfera, fertilizante, inoculación

Abstract

The types of chilli jalapeno along with the type of chilaca and Cayene contribute to the enhancement of rural jobs and other sectors with more than 4,690, 000 field workers. This data illustrates the social and economical impact of this crop in the state of Chihuahua. The chilli crops request of high amount of national or imported fertilizers that raise the production costs in the region. An alternative to prevent the excessive use of chemical fertilizers is the inoculation with growth promoter microorganisms such as biofertilizers. The bio-stimulants most often utilized are bacteria of the genus *Rhizobium* and lately *Azospirillum* which have been successfull in the cereal crops. The objective of this study was to evaluate the effect of *Azospirillum brasilense* as biofertilizer in three types of chilli (chilaca, Jalapeno and Cayene).The soaked seeds were mixed with *A. brasilense* and sowed in 78 holes trays and thereafter transplanted in 12 Oz foam cups containing a non-sterilized substrate of 3:1(peat moss: potting mix of Miraclo Grow). After 5 weeks of the transplant, there were significant differences for the variables of height and number of leaves in the treatments that used the bacterium *Azospirillum*. The most important characteristic was an intense green color in the aerial part, perhaps an indicator that the product of nitrogen translocated by *Azospirillum*

Key words: rhizosphere, fertilizer, inoculation

Introducción

Chihuahua es el segundo estado productor en el país de chile verde con un 22% y es uno de los mejores productores de chile jalapeño (Imagen Agropecuaria, 2008). El tipo de chile jalapeño junto con el tipo california y Cayenes contribuyen a la generación de empleos rurales y de otros sectores con más de 4,690,000 jornales; estas cifras demuestran el impacto social y económico del cultivo en el estado. Los cultivos de chiles requieren de altas cantidades de fertilizantes nacionales o importados que elevan los costos de producción en el estado. Una alternativa para evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos es la inoculación con microorganismos promotores de crecimiento denominados también como "biofertilizantes", "bioestimulantes", "biofertilizantes" o "inoculantes".

Los más utilizados como bioestimulantes son las bacterias del género *Rhizobium* y *Azospirillum* (García-Olivares *et al.*, 2007). La respuesta a inoculantes basados en *Azospirillum brasilense* ha sido exitosa pues ha permitido incrementos mayores a 30% en la producción de grano y materia seca de maíz frijol, trigo, garbanzo, pastos, cítricos y haba (García-Olivares *et al.*, 2007). Sin embargo no hay trabajos que se hayan hecho en cultivos de chiles en el noroeste de Chihuahua. El objetivo fue evaluar el efecto de *Azospirillum brasilense* y acción como bacteria promotora del crecimiento en tres tipos de chile (Chilaca, Jalapeño y Cayene). El presente estudio pretende contestar, si *Azospirillum brasilense* podría influir como biofertilizante y contribuir como promotor de crecimiento en estos tres tipos de chile.

Materiales y Métodos

El trabajo experimental se realizó en el invernadero del Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). Fueron seleccionadas 100 semillas de cada tipo de chile y se colocaron dentro de un vaso de precipitado de 250 mL. Se les agregó agua y sobre una platina magnética se dejaron en agitación con ayuda de un magneto durante 24 horas, esto, para acelerar el proceso de la germinación de las plantas. Transcurridas las 24 horas, se separaron las semillas de los tipos de chiles en cajas de petri, y de cada tipo de semillas de chile se mezclaron con *A. brasilense* hasta quedar cubiertas completamente con el polvo. Tres tipos de chiles inoculadas con *A. brasilense* y con su respectivo control por tipo de chile con un total de seis tratamientos con 65 plantas por tratamiento. Se sembraron en charolas germinadoras y se trasplantaron después de dos semanas de la germinación a vasos de unicel de 12 onzas con sustrato 3:1 (peat moss- miracle grow®). Para esta prueba de germinación se compararon las semillas inoculadas contra las no inoculadas usando la Chi-Cuadrada al 0.05 de probabilidad. Al momento del trasplante (de 2.5 a 5 cm de altura) se inició a cuantificar la variable altura de plantas y se concluyó hasta la 5^{ta} semana. Se seleccionaron al azar 48 plantas por tratamiento y las variables a medir fue la altura y número de hojas. Se hizo una prueba de t^2 para la comparación de medias.

Resultados y Discusión

Germinación. El chile tipo Cayene tiene una germinación más acelerada y con un mayor número de semillas que germinan por día, a los 10 días casi el total de las semillas germinaron mientras que los otros tipos mantienen un ritmo más lento. En el caso del chile Chilaca, la germinación es exponencial entre el día 9 y 12. El chile jalapeño fue el que expresó una germinación más lenta, comenzó con varios individuos germinados, logrando un 100% de germinación hasta el día 17. Los tres tipos de chiles alcanzaron su total germinación a los 19 días. En contraste, los tratamientos inoculados con *Azospirillum*, se observó que la germinación fue acelerada, y a los 13 días se alcanzó el 100% de germinación de los tres tipos de chile. Los cotiledones mostraban lucidez en su color verde brillante y tallos firmes en los chiles inoculados. A pesar de que las semillas inoculadas germinaron el 100% a los 13 días y los controles a los 19 días, no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos al 0.05 de probabilidad con la Chi-Cuadrada. Sin embargo, se puede inferir que seis días de avance en el desarrollo de las plantas podría repercutir en competir por un mejor precio en el mercado internacional que generalmente son espacios reducidos en días para abastecer del producto en ese mercado. Por lo cual se considera una respuesta positiva de la inoculación de la semilla con *Azospirillum* en los tres tipos de chiles ensayados.

Altura de planta y número de hojas. La prueba de t^2 mostró diferencias significativas (0.05%) entre los tratamientos con o sin *Azospirillum* en los tres tipos de chiles. Las diferencias en altura de las plantas inoculadas con *A. brasilense* comparada con las plantas control, fue notoria en los tres tipos de chiles, desde la primera semana de observación y continuó con la misma tendencia proporcional hasta la semana cinco de estudio. Por ejemplo, el más sobresaliente en altura fue el tipo Cayene con *Azospirillum* con $X=13.78$ cm comparado con el control con $X=6.65$ cm (Tabla 1). El tipo Cayene despegó primero desde su germinación el cual es atribuido quizás por su genética. Este tipo de chile mostró una mayor velocidad de crecimiento seguido del tipo chilaca y por último el tipo Jalapeño. Sin embargo, la expresión genética de su patrón de crecimiento fue estimulada en cada tipo de chile por la presencia de *Azospirillum* en la rizósfera. Con respecto a la variable de número de hojas, también se observó un efecto positivo de

Azospirillum brasilense, en los tres tipos de chiles evaluados. Aunque no hubo diferencias significativas, el tipo chilaca inoculado fue mínimamente superior seguido de Cayene y Jalapeño. Se asume que la bacteria colonizo satisfactoriamente la rizósfera y beneficio a los tres tipos de chile especialmente en el incremento de su altura, su biomasa foliar y lo más característico de la asociación raíz-*Azospirillum*, fue el color verde intenso de la área foliar como producto de la bio-fertilización nitrogenada. Inicialmente los reportes sobre la asociación de *Azospirillum* se restringían solamente a las gramíneas, que poseen la ruta fotosintética C4; sin embargo, existen reportes de asociaciones de este tipo de microorganismos con las raíces de plantas dicotiledóneas (Rao y Venkateswarlu, 1982). Varias especies de microorganismos han sido utilizadas para incrementar la producción de algunos cultivos, ya sea por su participación en el control biológico de hongos y bacterias fitopatógenos o por su capacidad para la fijación del nitrógeno atmosférico (Zhang *et al.*, 1996). Se ha demostrado que los cultivos puros de *Azospirillum* sp. producen auxinas, citoquininas y sustancias similares a giberilinas, hormonas que participan en el desarrollo vegetal (Kapulnik *et al.*, 1985). De esta manera los tipos de chiles Jalapeno, Cayene y Chilaca incrementan la lista de dicotiledóneas donde *Azospirillum brasilense* quizás fijo nitrógeno atmosférico al observarse un color verde brillante.

Tabla 1. Comparación de medias de tres tipos de chiles no inoculados e inoculados con *Azospirillum brasilenses* durante 5 semanas de la variable altura de plantas en condiciones de invernadero (p < 0.05).

Tipo de chile	Altura de planta (cm)	No. de hojas
Jalapeno I*	11.22 a**	8.24 a
Jalapeno C	6.11 b	6.99 a
Cayene I	13.78 a	8.41 a
Cayene C	6.65 b	6.85 a
Chilaca I	12.12 a	8.70 a
Chilaca C	6.52 b	7.97 a

*I= inoculado, C= Control. **Letras diferentes, hay diferencias significativas entre los tratamientos.

Conclusión

Las plantas inoculadas con *Azospirillum brasilense*, mostraron un color verde intenso característico de la bio-fertilización nitrogenada. Esto podría indicar de la habilidad de colonizar la rizósfera de los tres tipos de chile ensayados el cual fue reflejado también en su altura de planta y en el incremento de su biomasa

Literatura citada

- Imagen Agropecuaria. 2008. Creció la producción nacional de chile. www.imagenagropecuaria.com
- García, J., Moreno, V. Rodríguez, I. Mendoza, y N. Mayek. 2007. Efecto de cepas de *azospirillum brasilense* en el crecimiento y rendimiento de grano del maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30 (003). 305-310.
- Kapulnik, Y., M. Felman, Y. Okon, and Y. Henis. 1985. Contribution of nitrogen fixed by *Azospirillum* to the N nutrition of spring wheat in Israel. *Soil Biology and Biochemistry* 17. 509-515.
- Rao, A. V. and B. Venkateswarlu. 1982. Associative symbiosis of *Azospirillum lipoferum* with dicotyledonous succulent plants of the Indian desert. *Canadian Journal of Microbiology* 28. 778-782.
- Zhang, F. D., Narges, R. K. Hynes, and D. L. Smith. 1996. Plant growth promoting rhizobacteria and soybean (*Glycine max* L. Merr) nodulation and nitrogen fixation at suboptimal root zone temperatures. *Annals of Botany* 77. 453-459.

COMPOSTAS Y MICROORGANISMOS EN NOGAL NITRATO REDUCTASA CONTENIDO NUTRICIONAL FOLIAR Y PRODUCCIÓN

Flores Plascencia J. Baldemar¹, Vázquez Cisneros Jesus Manuel³, Soto Parra Juan Manuel², Yáñez Muñoz Rosa María¹, Montes, Piña Ramírez Francisco Javier¹, García Muñoz Silvia Amanda¹, Pérez Leal Ramona², Salazar Sosa Enrique⁴.

¹Alumnos Doctorado. E-mail: jflores@uach.mx; jflores.plascencia@hotmail.com

⁴Profesor-Investigador, Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del Estado de Durango

²Profesores-Investigadores,

³Alumno Maestría Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua

Resumen

Recientemente ha aumentado el interés por el uso de compostas como un mecanismo de reducción de la fertilización nitrogenada a la par que se incremente el contenido de materia orgánica y la fertilidad general del suelo, sin embargo, es necesario un manejo adecuado para evitar riesgos de contaminación nitratos al agua subterránea y acarreo de fósforo en aguas superficiales. El Objetivo fue disminuir la fertilización nitrogenada mediante la aplicación de compostas y micorrizas sin detrimento de la producción dentro de una agricultura sustentable. El trabajo se desarrolló en árboles de nogal *Western Schley* plantados en 1982. Se utilizó una estructura Taguchi L16 para 5 factores y 4 niveles para cada factor. Los factores fueron N (0,110, 220 y 330 kg ha⁻¹), composta (0, 2.5, 5.0, 7.5 t h⁻¹), vermicomposta (0, 1.5, 3.0, 4.5 t ha⁻¹), micorrizas (0, 7.5, 15.0, 22.5 g pulg⁻¹ d tronco), *Trichoderma* (0, 2.0, 4.0, 6.0 kg ha⁻¹). El análisis estadístico se realizó mediante superficie de respuesta, se evaluó actividad nitrato reductasa, contenido de nitratos y producción. Se obtuvo una producción estimada de 3.5 t ha⁻¹, logrando disminuir el uso de fertilizante nitrogenado convergiendo con el uso de compostas y vermicomposta en un nivel de 4.2 t h⁻¹ y 2.3 t h⁻¹ respectivamente y micorrizas 12 g pulg⁻¹ d tronco.

Palabras clave: *Carya illinoensis*, micorrizas, *trichoderma*, nitrato reductasa endógena in vivo, nitratos foliar,

Abstract

Recently interest has increased the use of compost as a means of reducing nitrogen fertilization at the same time increases the organic matter content and overall soil fertility, however, proper management is necessary to avoid risks of contamination nitrates to groundwater and transport of phosphorus in surface waters. The objective was to reduce nitrogen fertilizer by applying compost and mycorrhizal without detriment to production within a sustainable agriculture. The work was developed in pecan *Western Schley* planted in 1982. We used a Taguchi L16 structure for 5 factors and 4 levels for each factor. The factors were N (0,110, 220, 330 kg ha⁻¹), compost (0, 2.5, 5.0, 7.5 t h⁻¹), vermicompost (0, 1.5, 3.0, 4.5 t ha⁻¹), mycorrhizae (0, 7.5, 15.0, 22.5 g pulg⁻¹ d tronco), trichoderma (0, 2.0, 4.0, 6.0 kg ha⁻¹). Statistical analysis was performed using response surface nitrate reductasa activity was evaluated, nitrate and production. We obtained an estimates production of 3.5 t ha⁻¹, decreasing the use of nitrogen fertilizer converging with the use of compost and vermicompost at a level of 4.2 t ha⁻¹ and 2.3 t ha⁻¹ respectively and mycorrhizas 12 g pulg⁻¹ d tronco.

Keywords: *Carya illinoensis*, *mycorrhizae*, *trichoderma*, nitrate reductasa endógena in vivo, nitrate leaf.

Introducción

En el pasado el éxito en la producción se atribuía exclusivamente a una aportación creciente de fertilizantes esto no ha favorecido la conservación del recurso suelo y ha facilitado aportes desmesurados de elementos nutritivos, especialmente nitrógeno con sus efectos colaterales indeseables al medio ambiente y la salud pública (Felipo, 2003). Recientemente ha aumentado el interés por el uso de compostas. Sin embargo es necesario un manejo adecuado para evitar riesgos de sobrefertilización y contaminación por nutrientes, como lixiviación de nitratos al agua subterránea y acarreo de fósforo en

aguas superficiales (Gaudreau et al. 2002). En el caso del nogal, un exceso de nitrógeno puede estimular el crecimiento vegetativo y afectar la emisión de brotes fructíferos. Es importante seguir algunos criterios para eficientizar el uso de este insumo. El análisis del contenido de nitratos foliar y la cuantificación de la actividad de la nitrato reductasa endógena in vivo nos permiten conocer el grado de almacenamiento de los nitratos en las células vegetales. El Objetivo disminuir los niveles de N mediante la aplicación de compostas y micorrizas sin detrimento de la producción.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó durante el ciclo 2010, en el municipio de Aldama, Chih, en árboles de nogal 'Western Schley' en un huerto establecido en 1982, en un suelo con las siguientes características: 57.2% arena, 18.11 % limo, 24.62 % arcilla, materia orgánica de 0.6 %, contenido de nitratos en suelo de 50 a 100 mg kg⁻¹, 2.98% CaCO₃, pH 7.40, C.E. 0.89 dS m⁻¹ y una producción promedio durante el 2005-2010 de 2.7 t ha⁻¹. El arreglo experimental consistió en una estructura factorial Taguchi L16, con 5 factores y 4 niveles por factor con tres repeticiones según se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Factores y Niveles de la estructura Taguchi L16.

	Factores				
	Nitrógeno kg ha ⁻¹	Composta t ha ⁻¹	Vermicomposta t ha ⁻¹	Micorrizas ¹ g pulg ⁻¹ d tronco	<i>Trichoderma</i> kg ha ⁻¹
Niveles	330	0.0	0.0	0.0	0.0
	220	2.5	1.5	7.5	2.0
	110	5.0	3.0	15.0	4.0
	0	7.5	4.5	22.5	6.0

¹Estandarizado a 16 pulgadas de diámetro de tronco, equivalentes a 0, 7, 14 y 21 kg ha⁻¹ las especies fueron *Acaulospora scobiculata*, *Gigaspora margarita*, *Glomus fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. geosporum* con 20,000 esporas viables kg⁻¹; *Trichoderma* conc. 1X10⁷ u. f. c. g⁻¹.

El N se distribuyó durante el desarrollo del cultivo: 1Pre-brotación (finales de febrero - principios de marzo), 12.5%; 2. Inicio de amarre de fruto (mediados - finales de abril), 25%; 3. Crecimiento de fruto (principios de junio), 12.5%; 4. Estado Acuoso (mediados de julio), 12.5%; 5. Estado Lechoso (mediados de agosto); 6. Maduración (mediados - finales de septiembre), 12.5%; 7. Recarga en postcosecha (principios - mediados de diciembre), 12.5%. La composta y vermicomposta, se aplicaron al boleó; micorrizas y *Trichoderma* se aplicaron en hoyos alrededor del área de goteo del árbol aproximadamente de 15-20 cm de profundidad. Se tomó un muestreo foliar a mediados de agosto, se determinó el contenido de nitratos y la actividad nitrato reductasa endógena (NREnd). En cosecha se determinó producción total. El análisis estadístico consistió en la técnica de superficie de respuesta, ajustando la respuesta de silla (saddle) máxima o mínima, considerando aquellos eigenvalores cuya variación fueran mayores a 70% y dentro de ellos los eigenvalores de mayor peso.

Resultados y Discusión

En trabajos anteriores bajo este mismo contexto de estudio mostró que se disminuye el uso de fertilizante nitrogenado, asociado con la incorporación de abonos orgánicos y microorganismos principalmente compostas y vermicompostas en un nivel de 4.0 t ha⁻¹ y 2.0 t ha⁻¹, respectivamente y micorrizas de 12 g pulg⁻¹ d tronco, siendo la disminución de nitrógeno hasta 0.75 kg ha⁻¹, con una producción máxima de 3.5 t ha⁻¹. Observándose que la superficie de respuesta máxima para NO₃⁻ se presenta en el Cuadro 2, en donde se consideró la respuesta máxima para ubicarse dentro del rango de suficiencia para este ión de 1067 a 1511 ppm (Carbajal et al., 2002). Donde la respuesta alcanzada para nitratos no es significativa. Sin embargo conforme decrecen los niveles de N de 164.0 Kg N ha⁻¹, 4.0 t ha⁻¹ de composta, vermicomposta 2.3 t ha⁻¹, de 11.6 g pulg⁻¹ d tronco para micorrizas y 3.2 Kg ha⁻¹ de *Trichoderma*. Conocer cómo las comunidades de hongos micorrízicos se distribuyen e interaccionan con el medio que les rodea y su función ecológica impulsará mejoras en la aplicación de procesos de restauración de ecosistemas degradados, y puede promover una forma de agricultura más acorde con el medio e incluso ayudar a prever las respuestas de los ecosistemas terrestres frente al cambio global (Martínez y Pugnaire 2009).

Cuadro 2. Superficie de repuesta máxima¹ estimada para nitratos foliar².

Nitratos foliar estimado	Error estándar	Nitrógeno	Composta	Vermicomposta	Micorrizas	Trichoderma
1184.71	960.3	165.0	3.7	2.2	11.2	3.0
1413.46	967.9	164.5	3.9	2.3	11.6	3.2
1645.21	991.2	162.0	4.2	2.4	11.9	3.4
1185.4	95.2					
Valores críticos		214.4	4.9	3.9	1.5	3.0

¹Análisis de cordillera (Ridge); ²t ha⁻¹. Valores señalados en grises corresponden a la producción óptima de acuerdo a varios años de estudio.

Cuadro 3. Análisis canónico para nitratos foliar

Eigenvalores	Nitrógeno	Composta	Eigenvectores		
			Vermicomposta	Micorrizas	Trichoderma
1186.3	-0.6372	0.3843	0.2154	0.6324	0.0000
909.8	0.3417	0.7007	-0.6132	0.1274	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
-386.6	-0.0861	0.5954	0.5035	-0.6201	0.0000
-1708.2	0.6854	-0.0827	0.5692	0.4465	0.0000

Color gris, eigenvalores respectivos cuya variabilidad acumulada $\geq 70\%$

En el análisis canónico para nitratos foliar Cuadro 3. El eigenvector más grande presentó una variabilidad del 56% asociado con un peso negativo de N y positivo con micorriza, el segundo eigenvector estuvo asociado con la interacción composta. La superficie de respuesta máxima para NREND2 se representa en el Cuadro 4, donde la máxima respuesta estimada es de 24.27 $\mu\text{moles NO}_2^- \text{ g.p.f.h}^{-1}$ por encima del rango sugerido de 12- 20 $\mu\text{moles NO}_2^- \text{ g.p.f.h}^{-1}$ (Santana, 2010). Los niveles de NREND2 se incrementan a medida que se disminuyen los niveles de N de 165.0- 48.2 kg N ha⁻¹ convergentes con el incremento de composta de 3.7- 4.3 t ha⁻¹ y vermicomposta de 2.2- 2.9 t ha⁻¹ mientras que los niveles de micorrizas decrecen de 11.2- 9.8 g pulg⁻¹ de tronco. En el análisis canónico para NREnd representado en el Cuadro 5. El eigenvalor más grande, presentó una variabilidad > 70% asociado con N mientras que el eigenvalor más bajo el cual fue negativo asociado de una manera convergente con composta y micorrizas. La interacción significativa entre los nitratos y los niveles de vermicomposta tiende a una superficie de respuesta de tipo lineal (Fig. 1). Los nitratos presentaron una tendencia creciente a medida que la dosis de vermicomposta fue mayor hasta alcanzar una concentración de nitratos máxima de 1600 ppm. La interacción trichoderma con nitratos (Fig.2) presenta un efecto de tipo cuadrático conforme a las dosis bajas de trichoderma hubo respuesta en el contenido de nitratos teniendo una superficie de respuesta máxima en base a la cantidad de nitratos de 1350mg Kg⁻¹ a una dosis de 3 kg ha⁻¹ de Trichoderma considerándose su mejor dosis, sin embargo a partir de este nivel tiene una respuesta decreciente hacia el contenido de nitratos.

Cuadro 4. Superficie de repuesta máxima¹ estimada para NREnd².

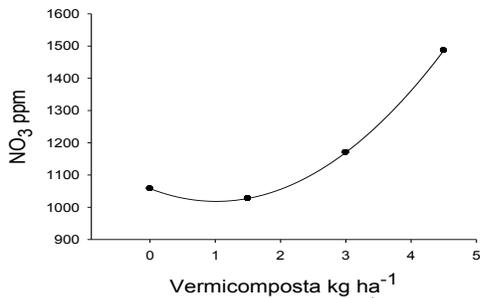
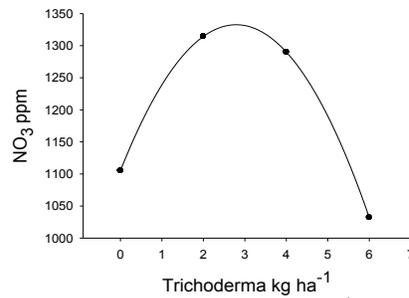
NREnd estimada	Error estándar	Nitrógeno	Composta	Vermicomposta	Micorrizas	Trichoderma
10.60	3.9	165.0	3.7	2.2	11.2	3.0
11.10	3.8	152.6	3.7	2.4	11.4	2.9
11.8	3.7	138.2	3.8	2.5	11.3	2.9
12.61	3.5	123.3	3.9	2.6	11.0	2.9
13.66	3.2	108.2	3.9	2.7	10.8	2.9
14.91	2.9	93.1	4.0	2.7	10.4	2.9
16.36	2.7	78.1	4.1	2.8	10.1	2.9
18.03	2.6	63.1	4.2	2.9	9.8	2.9
19.90	2.6	48.2	4.3	2.9	9.5	2.9
21.98	2.9	33.2	4.3	3.0	9.1	2.9
24.27	3.5	18.3	4.4	3.0	8.8	2.9
16.3	32.5					
Valores críticos		283.1	7.8	0.2	-6.4	3.0

¹Análisis de cordillera (Ridge); ²t ha⁻¹. 2NREnd en $\mu\text{moles de NO}_2^- \text{ g.p.f.h}^{-1}$.

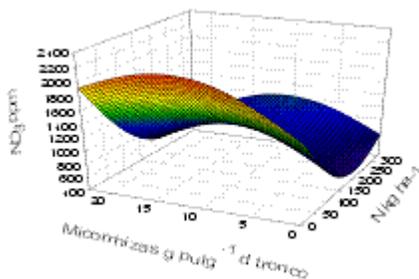
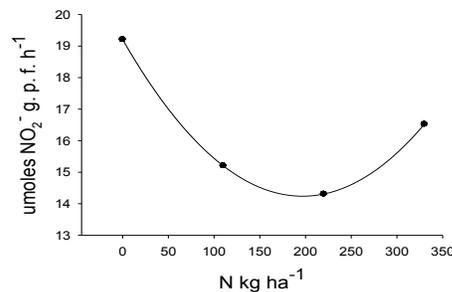
Cuadro 5. Análisis canónico para NREnd

Eigenvalores	Eigenvectores				
	Nitrógeno	Composta	Vermicomposta	Micorrizas	Trichoderma
10.5	0.8965	- 0.2066	-0.2374	0.3117	0.0000
2.9	0.2967	0.2888	0.9097	0.0311	0.0000
0.6	- 0.3154	- 0.5412	0.2494	0.7385	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
- 3.8	- 0.0933	0.7622	- 0.2320	0.5970	0.0000

Color gris, eigenvalores respectivos cuya variabilidad acumulada $\geq 70\%$

**Figura 1. Vermicomposta kg ha⁻¹ sobre NO₃⁻¹ ppm****Figura 2. Trichoderma kg ha⁻¹ sobre NO₃⁻¹ ppm**

El análisis de regresión mostró una interacción significativa entre micorrizas y N con una superficie de respuesta lineal cuadrática de estos dos factores con nitratos (Fig. 3.). El contenido de nitratos tuvo una tendencia creciente a medida que la dosis de micorrizas fue mayor., hasta alcanzar un contenido máximo estimado de 2000 ppm correspondientes a una dosis de 20 g pulg⁻¹ d tronco, con bajo aporte de N. Sin embargo conforme aumenta la dosis de N tiende a aumentar el contenido de nitratos siendo un estimado de 600 ppm de nitratos a una dosis de 300 kg N ha⁻¹ siempre y cuando vaya bajo el aporte de micorrizas, denotando que generalmente, la relación que se establece entre micorriza y la planta es mutualista, de manera que se favorece un intercambio bidireccional de nutrientes y de carbono (Martínez y Pugnairé 2009). A medida que se incrementa la dosis de N la actividad de la nitrato reductasa disminuye presentando una superficie de respuesta de tipo lineal cuadrática., sin embargo la presencia de N es determinante para obtener respuesta en la actividad de dicha enzima, puesto que existe un punto donde al seguir aumentando la dosis de N se vuelve a incrementar la actividad de la nitrato reductasa endógena a partir de los 300 kg N ha⁻¹. Por otra parte se observó que es posible obtener niveles óptimos de esta enzima con dosis bajas de 0 a 50 kg N ha⁻¹.

**Figura 3.- Relación entre Micorrizas y Nitrógeno sobre Nitratos****Figura 4. Efecto del Nitrógeno sobre Nitrato reductasa endógena**

Conclusiones

A medida que se incrementó las dosis de vermicomposta aumentó el contenido de nitratos en hoja, resultados semejantes se obtuvieron con *Trichoderma* a 3.0 kg ha⁻¹. La interacción entre las micorrizas y vermicomposta ambas con el contenido de nitrógeno aplicado aumentó los nitratos en hoja a niveles óptimos, por lo que se puede disminuir el nivel de fertilización nitrogenada con la adición de abonos orgánicos y microorganismos.

Referencias

- Carbajal, J.M. Soto, J.X. Uvalle, R.M. Yáñez, F. Montes, E. Sánchez, and L. Romero. 2002. Evolución Temporal del Contenido Iónico Foliar en Nogal Pecanero (*Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch). ISBN 84-89720-98-3. 138p. Editorial Plácido Cuadros S.L.
- Felipó O. M. T. 2003. Tendencias en el uso de fertilizantes. 1er. Congreso Iberoamericano de Nutrición Vegetal Agrolatino. —Fertilización, Rentabilidad y Medio Ambiente". Suplemento de Fruticultura Profesional No. 139. Extraordinario, 2003.
- Gaudreau, J. E., D. M. Vietor., R.H. White., T. L. Provin, and C.L. Munster. 2002. Response of turf and quality of runoff to manure and fertilizer. *J. Environ. Qual.* 31:1316-1322.
- Martínez, L. B. and F.I. Pugnaire. 2009. Interacciones entre las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares y de plantas. Algunos ejemplos en los ecosistemas semiáridos. *Ecosistemas* 18(2):44-54.
- Monge, E., M. Ferrer., F. Orús, 2002. Abonado con estiércol fluido o purín. Estimación de la concentración de algunos elementos a través del nitrógeno amoniacal. Anaporc. Revista de porcicultura. Vol 22(23). ISSN: 15778568. P. 26-40
- Santana D. A. L. 2010. Fertilización nitrogenada en nogal pecanero: Contenido nutricional, pigmentos foliares, actividad enzimática y producción. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
- SAS. 2002. Statistics Analysis System Rel 91.3 Institute Inc., 2002. 2003.

Agradecimiento: Al Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Chihuahua. Proyecto Clave CHIH-2008-C01-91511

ADICIÓN DE MATERIA ORGÁNICA PARA REDUCIR FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN NOGAL

Yáñez Muñoz Rosa María^{1*}, Soto Parra Juan Manuel¹, Vázquez Cisneros Jesús Manuel¹, Flores Plascencia J. Baldemar¹, Piña Ramírez Francisco Javier¹, García Muñoz Silvia Amanda¹, Basurto Sotelo Moisés¹, Salazar Sosa Enrique².

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua: roskey_13@hotmail.com

²Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

Resumen

El nitrógeno es el nutriente más utilizado en el cultivo del nogal, su uso debe estar en función de la etapa de desarrollo del cultivo, reserva del suelo y efecto residual en años sucesivos; al estar estrechamente asociado con rendimiento y rentabilidad del cultivo es muy fácil caer en excesos con efectos indeseables sobre la misma planta y el medio ambiente. El objetivo del estudio fue disminuir la fertilización nitrogenada a través del efecto concurrente de materia orgánica y actividad microbiana en el suelo para lograr un desarrollo sustentable del cultivo y así minimizar los efectos indeseables de la fertilización nitrogenada. El trabajo se desarrolló en árboles 'Western Schley' plantados a 14*14 m en 1982, se utilizó una estructura Taguchi L16 para 5 factores y 4 niveles para cada factor con 3 repeticiones, los factores fueron N (0, 110, 220 y 330 kg ha⁻¹), Composta (0, 2.5, 5.0 y 7.0 t ha⁻¹), vermicomposta (0, 1.5, 3.0 y 4.5 t ha⁻¹), Micorrizas (0, 7.5, 15.0 y 22.5 g pulg⁻¹ d t) y Trichoderma (0, 2.0, 4.0, 6.0 kg ha⁻¹), el análisis estadístico se realizó mediante superficie de respuesta, se evaluó producción t ha⁻¹. Fue posible disminuir el uso de nitrógeno prácticamente en un 100%, a través de la incorporación composta, vermicomposta con 4.0 y 2.0 t ha⁻¹ respectivamente y micorrizas con 12 g pulg⁻¹ d t, con una producción máxima estimada de 3.5 t ha⁻¹.

Palabras clave: *Carya illinoensis*, composta, vermicomposta, micorrizas, trichoderma, producción.

Abstract

Nitrogen is the nutrient most associated with growing of pecan, its use should be based on the stage of crop development, soil reserves and residual effect in subsequent years, as being closely associated with performance and profitability of the crop is very easy to fall into excesses with undesirable effects on the sample plant and the environment. The objective was to reduce the nitrogen fertilization through the concurrent effect of organic matter and microbial activity in the soil to achieve sustainable development of the crop and minimize the undesirable effects of nitrogen fertilization. The work was developed in trees 'Western Schley' planted at 14*14 m in 1982, we used a Taguchi L16 structure for 5 factors and 4 levels for each factor with 3 replications, the factors were N (0, 110, 220 y 330 kg ha⁻¹), Compost (0, 2.5, 5.0 y 7.0 t ha⁻¹), vermicompost (0, 1.5, 3.0 y 4.5 t ha⁻¹), Mycorrhizae (0, 7.5, 15.0 y 22.5 g pulg⁻¹ d t) y Trichoderma (0, 2.0, 4.0, 6.0 kg ha⁻¹), statistical analysis was performed using response surface was assessed ha⁻¹ production. It was possible to reduce nitrogen use almost 100% through the addition of compost, vermicompost with 4.0 and 2.0 t ha⁻¹ respectively, and mycorrhizae with 12 g pulg⁻¹ d t, with an estimated peak production of 3.5 t ha⁻¹.

Key Words: *Carya illinoensis*, compost, vermicompost, micorrizae, trichoderma, production.

Introducción

En el estado de Chihuahua había en 1979 había 14 mil 843 ha plantadas con nogal para llegar al 2009 a 51 mil 389 ha que representan casi un 250% (SIAP-SAGARPA, 2011) de incremento y este porcentaje aumentará ante las tendencias actuales de establecimiento de nuevas plantaciones. El principal fertilizante utilizado en el cultivo del nogal (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) es el nitrógeno, su uso debe estar en función de la etapa de desarrollo del cultivo, reserva del suelo y, efecto residual en años sucesivos. Los fertilizantes nitrogenados proporcionan alrededor de un 40% de las proteínas ingeridas por la población mundial (Smil, 1997), son relativamente costosos y pueden contribuir a la contaminación del

agua superficial y del subsuelo a través de la lixiviación y erosión del suelo, debido al excesiva aplicación de fertilizantes nitrogenados (Sisson *et al.*, 1991; Lagarda, 2007). La agricultura sostenible consiste en la gestión y utilización de los ecosistemas agrícolas que mantengan su diversidad biológica, productividad, capacidad de regeneración, vitalidad y habilidad para funcionar, tal que pueda satisfacer hoy y en el futuro, funciones ecológicas, económicas y sociales significativas; a nivel local, nacional y global y no dañe otros ecosistemas (Soto y Muñoz, 2002). El objetivo del estudio fue disminuir la fertilización nitrogenada a través del efecto concurrente de materia orgánica y actividad microbiana en el suelo para favorecer un desarrollo sustentable del cultivo y así minimizar los efectos indeseables de la fertilización nitrogenada.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en Aldama, Chih., durante el ciclo 2010 en nogal 'Western Schley', en un huerto plantado en 1982 a 14 x 14 m en tres bolillo con una producción promedio durante los últimos seis años de 3.5 t ha⁻¹ de promedio bajo 320 kg N ha⁻¹, contenido de nitratos en suelo de 50 a 100 ppm, 57.2% de arena, 18.11% de limo y 24.62% de arcilla, contenido de materia orgánica de 0.6%, 2.98% de CaCO₃, pH de 7.40 y conductividad eléctrica de 0.89 dS m⁻¹. Se utilizó una estructura Taguchi L16 para 5 factores y 4 niveles para cada factor con tres repeticiones (Cuadro 1). El nitrógeno se distribuyó en siete aplicaciones según las siguientes concentraciones con respecto al total: 1. Pre-brotación (10 de marzo), 12.5%; 2. Inicio de amarre de fruto (11 de abril), 25%; 3. Crecimiento de fruto (28 de mayo), 12.5%; 4. Estado Acuso (7 de julio), 12.5%; 5. Estado Lechoso (6 de agosto), 12.5%; 6. Maduración (13 de septiembre), 12.5%; 7. Recarga en postcosecha (16 de diciembre), 12.5%, la fuente de N utilizada fue sulfato de amonio (20.5% N, 24% S). La composta se aplicó el 13 de marzo, vermicomposta el 15 de mayo, micorrizas el 12 de mayo y *Trichoderma*, el 19 Junio. La composta y vermicomposta, se aplicaron a boleto, mientras que micorrizas y trichoderma se aplicaron distribuidas en cuatro hoyos alrededor del área de goteo del árbol aproximadamente de 15-20 cm de profundidad concordando con los puntos cardinales (micorrizas) y la intersección de estos *Trichoderma*.

Cuadro 1. Factores y Niveles de la estructura Taguchi L16.

	Factores				
	Nitrógeno kg ha ⁻¹	Composta t ha ⁻¹	Vermicomposta t ha ⁻¹	Micorrizas ¹ g pulg ⁻¹ d tronco	<i>Trichoderma</i> kg ha ⁻¹
Niveles	330	0.0	0.0	0.0	0.0
	220	2.5	1.5	7.5	2.0
	110	5.0	3.0	15.0	4.0
	0	7.5	4.5	22.5	6.0

¹Estandarizado a 16 pulgadas de diámetro de tronco, equivalentes a 0, 7, 14 y 21 kg ha⁻¹ las especies fueron *Acaulospora scobiculata*, *Gigaspora margarita*, *Glomus fasciculatum*, *G. constrictum*, *G. tortuosum*, *G. geosporum* con 20,000 esporas viables kg⁻¹; *Trichoderma* conc. 1X10⁷ u. f. c. g⁻¹.

Resultados y Discusión

La superficie de repuesta máxima estimada se presenta en el Cuadro 2, la producción óptima fluctuó de 2.04 hasta 3.52 t ha⁻¹, asociado con niveles decrecientes de nitrógeno de 116 a 0.75 Kg N ha⁻¹, observando que realmente es factible disminuir el uso de la fertilización nitrogenada con la adición de composta y micorrizas principalmente; mientras que la composta y micorrizas presentaron niveles crecientes de 3.8 a 4.0 kg de composta ha⁻¹ y 11.6 a 12.0 g de micorrizas pulg⁻¹ d tronco; prácticamente vermicomposta y trichoderma permanecieron sin cambio; no obstante, dada la interacción de nitrógeno y los aportes orgánicos y microbiológicos, se debe analizar el efecto de estos sobre producción. La vermicomposta muestra efectos que se han atribuido al mejoramiento de las propiedades y la estructura del suelo, a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos para las plantas, y a una creciente población microbiana y metabolitos biológicamente activos, como los reguladores de crecimiento de la planta, repercutiendo en rendimiento (Atiyeh *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Superficie de repuesta máxima¹ estimada para producción.

Producción Estimada ²	Error estándar	Factores				
		Nitrógeno	Composta	Vermicomposta	Micorrizas	Trichoderma
2.04	0.354	116.0	3.8	2.3	11.6	3.0
2.17	0.320	99.5	3.8	2.3	11.7	3.0
2.32	0.283	83.0	3.8	2.3	11.8	3.0
2.50	0.246	66.5	3.9	2.3	11.8	3.0
2.71	0.218	50.1	3.9	2.3	11.9	3.0
2.95	0.212	33.6	3.9	2.3	11.9	3.0
3.22	0.240	17.2	4.0	2.3	11.9	3.0
3.52	0.302	0.75	4.0	2.3	12.0	3.0
3.0 ³	16.3					
Valores críticos		178.8	3.9	2.0	10.0	3.0

¹Análisis de cordillera (Ridge); ²t ha⁻¹; ³Producción promedio; ⁴Coefficiente de variación.

El análisis canónico (Cuadro 3), los dos primeros eigenvectores (con orientación valle de la silla por su signo positivo) estuvieron asociados con nitrógeno (54% de la variabilidad total) y composta y vermicomposta (89% variabilidad acumulada). Lo anterior indica que es altamente sensible a ese nutriente, de por sí la importancia del nitrógeno sobre la producción de nogal, siendo esta relación de tipo cuadrático; el siguiente eigenvalor fue de signo negativo (orientación colina de la silla) asociado con la composta y micorrizas, cuyo eigenvector representó el 100% de la variabilidad, con ambos eigenvalores para nitrógeno, composta y vermicomposta son positivos, mientras que la composta y micorrizas sean de signo contrario fue debido a la interacción significativa en el análisis de regresión, lo que refleja el incremento de la producción con niveles decrecientes de nitrógeno hasta 0.75 kg N ha⁻¹ y crecientes de composta, de 3.8 a 4.0 kg ha⁻¹ y 11.6 a 12.0 g de micorrizas pulg⁻¹ d tronco (Cuadro 2).

Cuadro 3. Análisis canónico para producción.

Eigenvectores	Eigenvalores				
	Nitrógeno	Composta	Vermicomposta	Micorrhizas	Trichoderma
1.4384	0.9952	-0.0925	-0.0092	-0.0322	0.0000
0.9176	0.0544	0.6874	0.5646	-0.4536	0.0000
0.2847	0.0013	-0.2621	0.7779	0.5712	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
-0.6064	0.0819	0.6710	-0.2759	0.6834	0.0000

Color gris, eigenvectores cuya variabilidad acumulada es $\geq 70\%$, con los eigenvalores de mayor peso.

El análisis de regresión mostró que existe una relación significativa entre la producción y los niveles de N, obteniéndose un efecto lineal y cuadrático de este factor sobre la producción (Fig. 1), la producción tuvo una tendencia creciente a medida que la dosis o nivel de N fue mayor, hasta alcanzar una producción máxima estimada de 3.20 t ha⁻¹ que concuerda con los resultados anteriores, correspondientes a una dosis de 330 kg N ha⁻¹, Smith *et al.* (2007) mencionan que un manejo eficiente de N promueve una producción consistente y abundante, además, minimiza las pérdidas por lixiviación. El manejo adecuado de la nutrición de los cultivos, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, es una parte del proceso de producción que, en combinación con otros factores (abonos orgánicos y microbiológicos), fomenta el incremento en el rendimiento y la calidad de las cosechas (Kilby, 1990; Ruiz y Romero, 1999). Las micorrizas actúan en un proceso particularmente importante en la "fertilización biológica" de las plantas necesario en el contexto de la agricultura sostenible y de la producción orgánica (Alarcón y Ferrera, 2000).

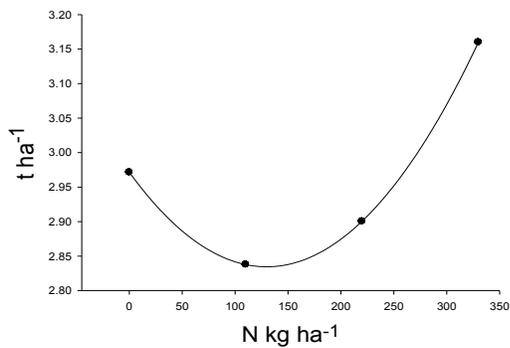


Figura 1. Efecto del nitrógeno sobre producción

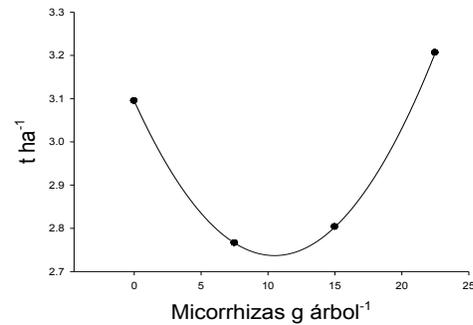


Figura 2. Efecto del micorrizas sobre producción

En la Fig. 2 se observa entre la producción y los niveles de micorrizas, con un efecto lineal y cuadrático, la producción tuvo una tendencia creciente a medida que la dosis o nivel de micorrizas fue mayor, hasta alcanzar una producción máxima estimada de 3.20 t ha⁻¹, correspondientes a una dosis de 22.5 g pulg⁻¹ d tronco, donde las micorrizas pueden desdoblar complejos minerales y orgánicos del suelo en nutrientes asimilables para las plantas, produciendo reguladores de crecimiento que estimulan la elongación y ramificación de raicillas alimentadoras, además el hongo almacena nutrientes en su biomasa (arbusculos) y amortigua algunos efectos adversos del suelo (Sylvia y Williams, 1991). Dicha simbiosis entre las micorrizas y las raíces promueve una mayor eficiencia en la absorción radical de nutrientes como N (Tobar *et al.*, 1999).

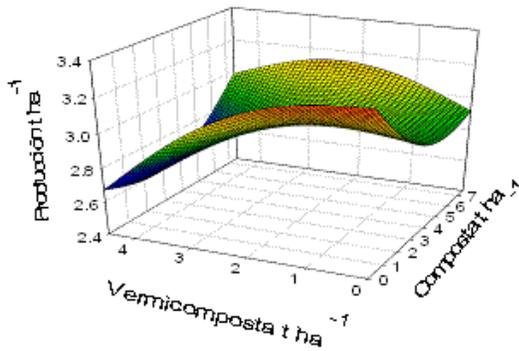


Figura 3. Relación entre vermicomposta y composta sobre producción

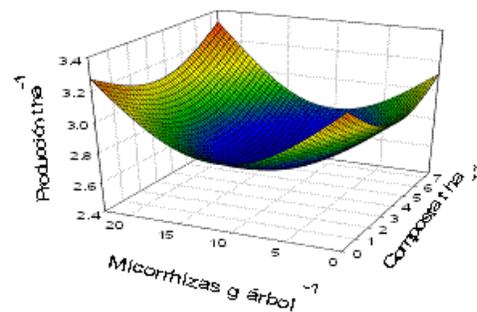


Figura 4. Relación entre micorrizas y composta sobre producción

El análisis de regresión mostró una interrelación significativa entre la producción y los niveles de vermicomposta y composta, con un efecto lineal y cuadrático de estos factores sobre la producción (Fig. 3), la producción tuvo una tendencia creciente a medida que el nivel de composta fue mayor, hasta alcanzar una producción máxima estimada de 2.9 t ha⁻¹, correspondientes a una dosis de 7.0 t de composta ha⁻¹, siempre y cuando vaya bajo el aporte de vermicomposta; mientras que la vermicomposta obtuvo un efecto lineal presentando una tendencia decreciente de la producción, a medida que el nivel de vermicomposta fue mayor, la producción estimada fue de 3.0 a 2.7 t ha⁻¹, correspondiente a una dosis de 0.0 a 4.0 t ha⁻¹, siempre y cuando vaya bajo el aporte de composta; pero más sin embargo al combinar la vermicomposta (4.0 t ha⁻¹ nivel más alto) y la composta (7.0 t ha⁻¹ nivel más alto), considerando que estos niveles obtienen un incremento considerable de la producción hasta de 3.0 t ha⁻¹, debido a lo anterior, es posible con el aporte de abonos orgánicos se generen agroecosistemas sostenibles cuyo flujo de energía (entrada y salida) sea balanceado, lo que permite que la funcionalidad del agroecosistema se autorregule y que requiera cada vez menos aplicación de insumos energéticos (fertilizantes y otros agroquímicos)

(Ferrera y Alarcón, 2001). En la Figura 4, se muestra una relación significativa entre la producción y los niveles de micorrizas y composta, obteniéndose un efecto cuadrático de estos factores sobre la producción manifestando una tendencia creciente a medida que las micorrizas y la composta fueron mayores hasta alcanzar una producción máxima estimada de 3.3 t ha^{-1} , correspondientes a una dosis de micorrizas y composta que va de 10 a 20 g árbol⁻¹ y de 3 a 7 t ha⁻¹ respectivamente, siempre y cuando estén bajo el aporte del otro, actuando en conjunto la composta y las micorrizas. Los microorganismos y las plantas superiores compiten por el N del suelo; puesto que los microorganismos son más eficientes en la interceptación del N, la disponibilidad de este para el crecimiento de la planta depende de la relación C:N existente en el suelo (Sánchez, 1999).

Conclusiones

Se logró disminuir el uso de fertilizante nitrogenado prácticamente en 100% asociado con la incorporación de abonos orgánicos y microorganismos, principalmente compostas, vermicompostas en un nivel de 4.0 t ha^{-1} y 2 t ha^{-1} respectivamente y micorrizas de 12 g pulg^{-1} d tronco con una producción máxima de 3.5 t ha^{-1} . Es importante evaluar la consistencia a través de los años, por lo que es recomendable continuar el estudio.

Referencias

- Alarcón, A. y R. Ferrera C. 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la Agricultura. *Agric. Téc. Méx.* 26(2): 191-203.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84: 7-14.
- Ferrera, C. R. y Alarcón, A. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum*, Julio. Vol (8). No.(2); Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. ISSN 1405'0269. P. 175-183.
- Kilby, M. 1990. Pecan fertilizer practices. pp. 29-32. *In: First Arizona Pecan Conference Proceedings.* University of Arizona.
- Lagarda, M, A. 2007. Retos del cultivo del nogal Pecanero. *Memorias XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencias Hortícolas.* Torreón, Coah. 55-61p.
- Ruiz, J. M. and L. Romero. 1999. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. *Sci. Hortic.* 81: 113-123.
- Sisson V.A., Rufty T.W. and R.E. Williamson. 1991. Nitrogen-use efficiency among flue-cured tobacco genotypes. *Crpo Sci.* 31:1615-1620.
- Smil V. 1997. Global population and the nitrogen cycle. *Scientific American.* 277:58-63.
- Smith, M. W., B. W. Wood, and W. R. Raun. 2007. Recovery and partitioning of nitrogen from early spring and midsummer applications to pecan trees. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 132: 758-763.
- SIAP-SAGARPA. 2011. Superficie planta de nogal pecanero del 2000 al 2009, agrícola y perennes de riego y temporal.
- Soto, G. y C. Muñoz. 2002. Consideraciones Teóricas y Prácticas sobre el Compost, y su empleo en la Agricultura. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Journal of Enviroment Sección Agricultura Orgánica. Agricultura Ecológica Catie, Turrialba. Costa Rica.* no. 65. p. 123-125
- Tarango, R., S. H; Macías, B. C., L.; A. Alarcón, J., M. Pérez. 2004. Colonización micorrízica, crecimiento y concentración foliar de nutrimentos en nogal pecanero y pistachero. *Agric. Téc. Méx.* 30(2): 191-203.
- Tobar, R. M., R. Azcón, and J. M. Barea. 1999. The improvement of plant N acquisition from an ammonium treated droughtstressed soil by the fungal symbiont in arbuscular mycorrhizae. *Soil Biol. Fert.* 9: 1-8.
- Agradecimiento: Al Fondo Mixto CONACYT-Gobierno del Estado de Chihuahua. Proyecto Clave CHIH-2008-C01-91511.

CARTOGRAFÍA DE SUELOS EN LA REGIÓN DE LOS RÍOS DE TABASCO UTILIZANDO UN MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (MDE).

López Castañeda Antonio¹, Zavala-Cruz Joel², Palma-López J. David², Ortiz-Solorio Carlos Alberto³,
Valdez-Lazalde J. René³.

Programa de Producción Agroalimentaria en el Trópico. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco¹. E-mail: tonolc@colpos.mx.

Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco²

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo Estado de México³

Resumen

La clasificación y cartografía de los suelos es un instrumento importante en la planeación de los recursos naturales dedicados a la producción de alimentos. El objetivo del estudio fue comparar la precisión y exactitud entre dos métodos de cartografía de suelos: uno convencional basado en la fotointerpretación, y el otro usando un modelo digital de elevación del terreno (MDE). El trabajo se desarrolló en el municipio de Tenosique, Tabasco, y se dividió en dos fases. En la primera se realizó un levantamiento de reconocimiento, clasificando 31 perfiles con base en la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB). La segunda fase consistió en aplicar el MDE usando el software Grass 6.3, para generar un mapa de atributos del terreno, y luego el mapa de suelos con base en los perfiles de la primera fase. La comparación de los dos métodos se basó en el análisis de las características físicas del suelo, 60 barrenaciones se hicieron para conocer la precisión y 70 para el análisis de la exactitud, en cada mapa. El método de muestreo fue libre. El mapa de suelos tuvo una precisión del 85 y 80% usando el método convencional y MDE, respectivamente. La exactitud fue del 77 y 74% para los procedimientos por el método convencional y MDE, respectivamente. Ambos valores son aceptables para la cartografía de suelos. Sin embargo, la validación del MDE en otras locaciones debe ser realizada. El MDE tiene potencial como una herramienta en la planeación de los recursos naturales.

Palabras clave: Cartografía digital, modelo digital de elevación, suelo

Abstract

Soil classification and cartography is an important instrument in the natural resource management regarding to food production. The aim of this study was compare (accuracy and precision) between the Digital Elevation Model (DEM) and the conventional method as tools for soil cartography. The study was carried out in the municipality of Tenosique, Tabasco, Mexico, and divided in two phases. The first phase consisted in a fourth order survey and classification of 31 soil profiles by using the manual of World Reference Base for Soil Resources (WRB). The second phase focused on the soil cartography by implementing of DEM. A map of land attributes was developed by using software Grass 6.3 and information of soil profiles obtained in the first phase. A free general sampling method was performed and samples were collected from drilled holes, 60 drilled holes for accuracy analysis and 70 drilled holes for precision analysis, for each soil map. The precision analysis led to an 85 % precision for conventional method and an 80 % precision for DEM. The accuracy analysis resulted in a 77 % for conventional method and 74 % for DEM. Such results were in a good agreement for soil cartography. It was concluded that DEM provides a satisfactory grade of precision and accuracy in the soil cartography. However, validation of DEM should include different locations. DEM has a potential as an effective tool in the planning of natural resources.

Key Words: Digital cartography, digital models of elevation, soil

Introducción

Los suelos de un paisaje pueden ser de diferentes tipos debido, entre otros factores, al relieve (Krasilnikov, 2006), por ello es importante su clasificación, ya que suelos diferentes varían en su capacidad y aptitud de uso. Posteriormente, es necesario elaborar la cartografía que permita caracterizar y planificar el uso y manejo del suelo (Porta *et al.*, 2003). El alto costo de los estudios de suelos ha limitado su uso a las zonas agropecuarias intensivas. Los levantamientos de suelos utilizan técnicas de fotointerpretación en la etapa

de precampo, mediante la zonificación de los tipos de relieve. Lo anterior implica contar con personal capacitado y material fotográfico de calidad, pero es frecuente la ausencia de recursos humanos especializados en el tema, por lo que es necesario capacitarlos, incrementando el costo e inversión. El reto es modificar las metodologías tradicionales, utilizando para ello las ventajas de la cartografía digital y los sistemas de información geográfica, de tal forma que los estudios de suelos puedan realizarse de una manera rápida, eficiente y económica. El objetivo del estudio fue realizar un análisis comparativo de dos métodos para generar la cartografía de suelos de una zona tropical húmeda, uno mediante fotointerpretación (método convencional) y otro usando un modelo digital de elevación (MDE).

Materiales y Métodos

El área de estudio tiene una superficie de 42670 ha, y se localiza al este del estado de Tabasco, entre los 91° 35' 00" y 91° 20' 30" de longitud oeste y los 17° 25' 30" y los 17° 40' 10" de latitud norte. Tiene un clima Am (f), cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2002), una temperatura media anual que oscila entre 24.5°C y 28°C, y la precipitación total anual varía de 1500 a 3000 mm. La fisiografía es de lomeríos, separados por planicies aluviales formadas por el Río Usumacinta. El uso del suelo es de pastizales, agricultura temporal, cultivos de caña de azúcar, y la vegetación es de tipo hidrófita y secundaria (INEGI, 2001).

El estudio se realizó en dos fases. En la primera se utilizó el método convencional propuesto por Ortiz-Solorio & Gutierrez (1999), que consiste en tres etapas: precampo, campo y postcampo. En la etapa de precampo se generó el mapa de unidades de fotointerpretación (UFI), con base en la zonificación de unidades geomorfológicas. Con este mapa, de manera libre, se seleccionaron los sitios de muestreo. En la etapa de campo se describieron 31 perfiles de 1.80 m de profundidad, utilizando el manual de Cuanalo (1990). En la etapa de poscampo se realizaron análisis de laboratorio de 98 muestras de suelo, como lo establece la Norma NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2002). La determinación de la textura se ajustó a las condiciones del laboratorio de suelos del Campus, Tabasco. La clasificación se hizo con la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo (WRB) en su versión en español (IUSS *et al.*, 2007), generándose el mapa de suelos a nivel reconocimiento escala 1:50000.

En la segunda fase, con el apoyo del software libre, Grass 6.3, se clasificó el modelo digital de elevación obteniendo un mapa de atributos del terreno (Felicísimo, 1994); en combinación con el mapa geológico se generó un mapa de atributos del terreno y litología. Las unidades resultantes equivalen a las UFI en el método convencional.

Para evaluar la precisión de los mapas generados en la primera y segunda fase, se realizaron 60 barrenaciones para cada mapa. La exactitud de los linderos se verificó en 70 sitios, en cada mapa, utilizando el criterio propuesto por Porta *et al.* (2003). El análisis de los resultados se realizó en forma discreta, con un sí o un no, calculando el porcentaje de aciertos (Lleverino *et al.*, 2000).

Resultados y Discusión

El mapa de suelos elaborado mediante el método convencional, muestra diez grupos de suelos y 23 unidades (Figura 1). Los grupos Ferralsoles y Luvisoles sobresalen por su mayor extensión (45% del área). Los suelos desarrollados en lomeríos de rocas areniscas (Ferralsoles, Luvisoles y Cambisoles) y calizas (Leptosoles y Calcisoles), representan el 54.6% del área; varían de profundos a someros y tienen buen drenaje superficial e interno. Los suelos restantes se desarrollan en planicies aluviales, son profundos y varían de bien drenados y expuestos a inundaciones por periodos cortos (Fluvisoles, Vertisoles y Cambisoles) a mal drenados y expuestos a periodos largos de inundación (Gleysoles); su extensión cubre el 35.8% del área.

En cuanto a precisión, las unidades cartográficas tuvieron valores del 85 y 80% para los mapas de suelos elaborados con el método convencional y MED, respectivamente (Figura 3). Respecto a la exactitud, los linderos de las unidades de suelos fueron correctos en un 77.1 y 74.3% para los mapas elaborados con el método convencional y MED, respectivamente (Figura 3). Por lo que ambos mapas son considerados de calidad según los criterios reportados por Lleverino *et al.* (2000).

La mayor precisión y exactitud del mapa de suelos usando el MED se logró para la zona de lomeríos, cuyo relieve tiene mayor altura (30 a 70 msnm) y pendiente (2 a 12%); y la menor precisión y exactitud se obtuvo en la planicie aluvial, debido a su menor altura (10 a 20 msnm) y pendiente (< 2%). El modelo sobrestimó las planicies extendiéndolas hasta los lomeríos ligeramente inclinados.

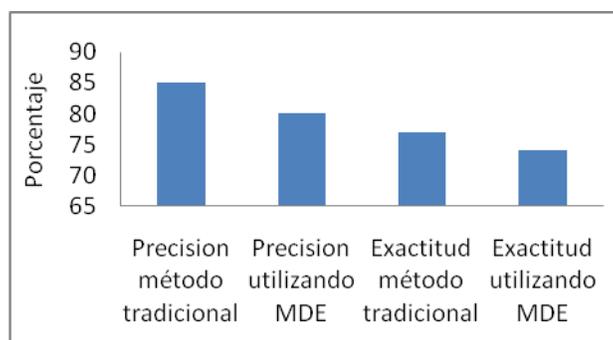


Figura 3. Precisión y exactitud de las unidades de suelos

Conclusiones

La cartografía de suelos de una región tropical húmeda, a nivel reconocimiento, elaborada mediante el método convencional y usando un modelo digital de elevación (MED), resultó ser de calidad con base en criterios de precisión y exactitud.

El mapa de suelos elaborado con el MED fue más eficiente en precisión y exactitud en relieves de lomerío, pero sobrestimó las zonas de planicie aluvial.

Se recomienda el uso del MED en levantamientos de suelos a nivel reconocimiento con relieve de lomeríos o pendiente superior al 2%

Literatura Citada

- Cuanalo de la C., H. 1990. Manual de descripción de perfiles de suelo en el campo. 3a edición. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 75 p.
- Felicísimo, A. 1994. Modelo Digital de terreno, introducción y aplicación a las ciencias ambientales. [En línea] [http://www.etsimo.uniovi.es/pdf\(15/03/07\)](http://www.etsimo.uniovi.es/pdf(15/03/07)). 122 p.
- INEGI. 2001. Síntesis geográfica y anexo cartográfico del Estado de Tabasco. Aguascalientes, México. 121 p.
- INEGI. 2002. Síntesis de información geográfica del estado de Tabasco. Instituto Nacional de estadística e informática San Luis Potosí México
- IUSS, ISRIC, FAO. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso suelo. Primera actualización 2007. Informe sobre Recurso Mundiales de suelos No. 103.FAO. Roma.
- Krasilnikov, P. 2006. La cartografía de suelos. In Memorias del XXIV Congreso-Diplomado Internacional de Edafología Nicolás Aguilera. DACB, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco. 10 p.
- Lleverino, G. E., C.A. Ortiz-Solorio y M. del C. Gutiérrez C. 2000. Calidad de los mapas de suelos en el ejido de Atenco, Estado de México. Terra Vol. 18 (02) 103-113 p.
- Ortiz-Solorio, C.A. y M. del C. Gutiérrez C. 1999. Fundamentos de pedología. 1º Edición. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 104 p
- Porta C. J., López-Acevedo R., Roquero D. L. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Multi prensa. 3ª. Edición. Madrid España 928 p.
- SERMANAT 2002. Norma Oficial Mexicana. NOM-021-RECNAT-2000. 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios muestreos y análisis Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 75 p.

DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS REPRESENTATIVOS DEL VALLE DE MEXICALI, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO

Avilés-Marín, Silvia Mónica¹, López-López, Ángel¹, Cárdenas-Salazar¹, Víctor, Soto-Ortiz, Roberto¹, Faz Cano Angel² y Alexander Earl B.¹

Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California¹.

E-mail: monica_aviles@uabc.edu.mx.

Universidad Politécnica de Cartagena, España²

Resumen

Los suelos del Valle de Mexicali se clasifican en 6 series de suelo, de acuerdo a su composición mecánica. Sin embargo, debido a los cambios en los Sistemas de Clasificación de uso actual, que incluyen otros criterios, probablemente la clasificación sea factible de completar o actualizar. El estudio se realizó con el objetivo de realizar un estudio preliminar para describir y clasificar los suelos predominantes del Valle de Mexicali, Baja California, México. Se realizaron y describieron 9 perfiles de suelos (Soil Survey Manual, 1993). En las muestras de suelo se realizaron los análisis físicos y químicos (Van Reeuwijk, 1995) y se realizó la clasificación de los suelos, de acuerdo a la Base de Datos de Referencia Mundial del Recurso Suelo (con sus siglas en inglés WRB) y la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2006). Las Series Gila Fase Pesada y Gila Fase Ligera, más representativas de los suelos del Valle de Mexicali, se denomina actualmente Serie Gila, se omite la denominación de fase ligera ó fase pesada. Los suelos se clasificaron en Fluvisoles, Cambisoles y Vertisoles, según la World Reference Base (1998) y a nivel de Orden como Entisols, Aridisols y Vertisols, de acuerdo a la Clasificación Taxonómica, la Clase Taxonómica refleja principalmente el origen aluvial y de reciente intemperización del material, así como régimen de humedad arídico, el alto contenido de arcilla y bajo contenido de carbono orgánico.

Palabras clave: *Serie Gila Fase Ligera, Serie Gila Fase Pesada, Clasificación*

Abstract

The soils in the Mexicali Valley are classified in Six Soil Series, according to its mechanical composition. However, due to changes in classification systems in current use, including other criteria, the classification may be feasible to complete or update. The study was conducted in order to conduct a preliminary study to describe and classify the predominant soils in the Valley of Mexicali, Baja California, Mexico. Nine profiles were conducted and described (Soil Survey Manual, 1993). The soil samples were carried out physical and chemical analysis (Van Reeuwijk, 1995), and the classification of soils was done, according to the Reference Data Base for Soil Resources (its acronym in English WRB) and Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2006). Gila Series, light- textured phase and heavy-textured phase, which are the most representative of the soils in the Mexicali Valley, Gila Series is now called, omitted the name of heavy-textured phase or light-textured phase. The soils were classified Fluvisols, Cambisols and Vertisols, according World Reference Base (1998) and at levels of Orders as Entisols, Vertisols Aridisols, according to the Taxonomic Classification. Class Taxonomic mainly reflects the recent alluvial origin and weathering of material, aridic moisture regime, high clay content and low organic carbon content in the soils.

Key Words: *Gila Series, light- textured phase and heavy-textured phase, Soil Classification*

Introducción

Los suelos del Valle de Mexicali son principalmente de origen aluvial, con los materiales transportados por el Río Colorado, son suelos muy estratificados que varían en textura y profundidad. En la parte baja o planicie de inundación del cauce del Río, que comprende el Valle de Mexicali, San Luis Río Colorado, Sonora, Valle Imperial y Yuma Arizona, se han depositado principalmente arcilla y limo, mientras que en las partes altas, que se localizan en la Mesa de Andrade, BC, San Luis Río Colorado, Sonora, y Yuma, Arizona, se han acumulado en su mayor parte sedimentos de grava y arena (Soil Survey of the Yuma-Wellton Area, Arizona-California, 1933, Glenn *et al.*, 1999). La textura de los suelos ha sido una de las principales características, además de la salinidad, para determinar el manejo de los suelos en esta región,

tal como la selección del tipo de cultivo, método y lámina de riego, nivelación, preparación del terreno, etc. Los suelos en el Valle de Mexicali han sido clasificados en 6 series, de acuerdo a su composición mecánica, y que en orden de importancia por superficie son: Gila Fase Pesada (142,940 ha), Gila Fase Ligera (104,920 ha), Imperial (45,800 ha); Holtville (13,290 ha), Meloland (1,020 ha) y Superstition (430 ha) (Soil Survey of the Yuma-Wellton Area, Arizona-California, 1933, SRH, 1966). Posteriormente estos suelos se clasificaron en Vertisol crómico, Regosol calcárico y Fluvisol calcárico, de acuerdo al sistema de clasificación de la FAO (1998). Sin embargo, han ocurrido cambios en los Sistemas de Clasificación, hasta llegar a los sistemas actuales que son de mayor uso a nivel internacional, tal como es la Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo, con sus siglas en inglés WRB (ISSS-ISRIC-FAO, 2004) y la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2006), que incluyen características y procesos que no eran considerados en los sistemas de clasificación anteriores. Estas modificaciones han permitido uniformizar en cierta medida los criterios de clasificación que se manejan a nivel mundial, pero es probable que suelos que fueron clasificados previamente requieran también ser revisados, completados o actualizados. Por ello, el objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio preliminar para describir y clasificar los suelos del Valle de Mexicali basado en los sistemas de clasificación de la WRB (ISSS-ISRIC-FAO, 2004) y la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2006).

Cuadro 2. Descripción de perfiles de suelos representativos del Valle de Mexicali, Baja California, México

Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
<p>7</p> 	Ap	0-12	Color café oscuro (7.5 YR 4/3) en húmedo, arcilloso, bloques medianos a grandes, frágiles, moderadamente alcalino (8.13) en húmedo, límite claro y plano.
	AC ₁	12-70	Color café oscuro (7.5 YR 4/3) en húmedo, arcilloso, estructura prismática muy gruesa, débil, moderadamente alcalino (8.31) en húmedo, límite difuso.
	AC ₂	70-140	Color café grisáceo oscuro (10 YR 4/3) en húmedo, arcilloso, bloques medianos a grandes, débil, ligeramente alcalino (7.61), límite difuso.
<p>8</p> 	A ₁	0-1	Color café oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo, franco limoso, firme, plástico, muy pegajoso, neutro (7.05), límite abrupto.
	A ₂	1-9	Color café oscuro (7.5 YR 3/2) en húmedo, franco limoso, bloque subangular, friable, ligeramente ácido (6.90), límite plano.
	B ₂₁	9-26	Color café oscuro (7.5 YR 3/3) en húmedo, franco limoso, muy gruesa, débil, ligeramente ácido (7.50), límite difuso.
	B ₂₂	26-46	Color café oscuro (7.5 YR 4/3) en húmedo, franco limoso, masivo, firme, ligeramente alcalino (7.59), límite abrupto y plano.
	2C ₁	46-77	Color café oscuro (7.5 YR 4/4) en húmedo, franco, masivo, muy friable, sin plasticidad, moderadamente alcalino (8.04), límite abrupto y horizontal.
	3C ₂	77-110	Color café oscuro (7.5 YR 4/3) en húmedo, arcilloso, masivo, muy plástico y firme, moderadamente alcalino (8.18), límite claro y plano.
	4C ₃	110-230	Color café grisáceo oscuro (10 YR 4/4) en húmedo, arcilloso limoso, masivo, suave, firme, muy plástico, moderadamente alcalino (8.17), límite claro y ondulado.

Materiales y Métodos

El Valle de Mexicali, Baja California, México se localiza entre los 32° 00' a 32° 36' N y los 114° 45' a 115° 45' O. Se realizaron 9 perfiles de suelos para el estudio preliminar, ubicados en la parte norte-centro-sur y oeste-centro-este del Valle de Mexicali. Se seleccionaron dos de los perfiles de suelos más representativos de esta zona para presentar la descripción de los perfiles (7 y 8) (Cuadro 1). El perfil 7 se realizó en el Ejido Nuevo León, localizado a 32° 20' 29" N y 115° 11' 81" O, a una altitud de 3.048 msnm y el perfil 8 fue realizado en la Colonia Pólvora, ubicado a 32° 29' 97" N y 115° 12' 71" O, a una altitud de 6.096 msnm. Ambos sitios se encuentran ubicados en el Distrito de Riego 014 (módulos 10 y 14 respectivamente). Los 9 perfiles se describieron de acuerdo al manual para la descripción de suelos en campo (Soil Survey Manual, 1993), y se tomaron muestras de suelo, de 2 kg, en cada uno de los horizontes. El muestreo se realizó en el mes de marzo de 2010. En las muestras de suelo secas, molidas y tamizadas, se les determinaron pH (pasta saturada, potenciómetro), CE (extracto de pasta de saturación, conductímetro), textura, densidad aparente, contenido de materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y extracciones de Fe, Si y Al libre (ditionito citrato bicarbonato) y activo (oxalato ácido) (Van Reeuwijk, 1995). Los suelos se clasificaron de acuerdo a los criterios de clasificación de la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff, 2006) y la WRB (ISSS-ISRICFAO, 1998).

Resultados y Discusión

La descripción de los dos perfiles de suelos representativos del Valle de Mexicali, corresponden a la Serie Gila Fase Pesada y Serie Gila Fase Ligera, de acuerdo a la clasificación tradicionalmente utilizada en la región (Cuadro 1 y 2) (SRH, 1966). La Serie Gila Fase Pesada se caracteriza por presentar en la capa superficial (0-60 cm) una textura arcillosa, franca arcillosa muy fina y arcillosa limosa sin estructura. En cambio, en la Serie Gila Fase Ligera domina en la capa superficial (40 cm) una textura franca, franca arenosa fina, franca limosa. Esta clasificación de los suelos a nivel de la serie Gila en sus diferentes fases de acuerdo al tamaño de partícula predominante en el subhorizonte, coincide con la Clasificación realizada en los suelos del área del Valle de Yuma-Wellton, Arizona-California (Soil Survey of the Yuma-Wellton Area, Arizona-California, 1933).

Sin embargo, con los cambios ocurridos en el sistema de clasificación, actualmente, la serie Gila ya no considera la denominación de fase ligera ó fase pesada, entre otras, pero sí el tamaño de partícula predominante que se indica con otra nomenclatura (Soil Survey Staff, 2006).

Respecto a la World Reference Base, los suelos se clasificaron en tres Grupos, Fluvisoles, Cambisoles y Vertisoles (Cuadro 4). Los tres Grupos fueron de tipo Haplic ó Fluvic, por ser suelos típicos formados de material flúvico, con origen relacionado con los ríos.

Derivado de la clasificación basada en la Taxonomía de los Suelos, en los 9 perfiles de suelo del Valle de Mexicali, se determinaron 3 órdenes de suelo, Entisols, Aridisols y Vertisols (Cuadro 3). Los Entisols son suelos de reciente formación, que se subdividieron en fluvents por la deposición de material de origen aluvial, y se han desarrollado bajo un régimen de humedad arídico (tórrido). Los Vertisols están formados por un alto contenido de arcilla (> 30%) en la capa superficial, se subdividieron en torrerts por la formación de grietas cuando no son irrigados, y chromic por presentar un color con valor de chroma (pureza de color) >3. Los Aridisols se desarrollan bajo un régimen de humedad del suelo arídico, se subdividieron en Aquicambids por que cuando no son irrigados presentan condiciones ácuicas en algún período del año, y son fluventic por presentar un decrecimiento irregular del carbono orgánico respecto a la profundidad.

Cuadro 2. Composición granulométrica de dos suelos representativos del Valle de Mexicali, Baja California, México.

Perfil	Horizonte	Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Textura
7. Ejido Nuevo León	Ap	0-12	0.04	28	71.96	Arcilloso
	AC ₁	12-70	0.04	24	75.96	Arcilloso
	AC ₂	70-140	4.04	30	65.96	Arcilloso
		140-200	32.04	44	23.96	Franco
8. Colonia Pólvara	A ₁	0-1	4.04	74.0	21.96	Franco Limoso
	A ₂	1-9	6.04	70.0	23.96	Franco Limoso
	B ₂₁	9-26	12.04	68.0	19.96	Franco Limoso
	B ₂₂	26-46	2.04	80.0	17.96	Franco Limoso
	2C ₁	46-77	26.04	48.0	25.96	Franco
	3C ₂	77-110	0.04	18.0	81.96	Arcilloso
	4C ₃	110-230	0.04	56.0	43.96	Arcillo Limoso

Cuadro 3. Clasificación Taxonómica de los suelos del Valle de Mexicali, Baja California, México.

Perfil	Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Familia
1	Entisols	Fluvent	Torrifluents	Vertic Torrifluents	Fina (ó limosa-fina), esmectítica, calcárea, hipertérmica
8	Aridisols	Cambids	Aquicambids	Fluventic Aquicambids	Limosa-fina, mezclada, superactiva, hipertérmica
5	Entisols	Fluents	Torrifluents	Typic Torrifluents	Francosa-gruesa, mezclada, superactiva, calcárea, hipertérmica
3	Entisols	Fluents	Torrifluents	Oxyaquic Torrifluents	Francosa-gruesa, mezclada, superactiva, calcárea, hipertérmica
6	Vertisols	Torrerts	Haplotorrerts	Chromic Haplotorrerts	Fina, esmectítica, hipertérmica
7	Vertisols	Torrerts	Haplotorrerts	Typic Haplotorrerts	Fina, esmectítica, hipertérmica
2	Aridisols	Cambids	Aquicambids	Fluventic Aquicambids	Arcillosa sobre francosa, esmectítica, hipertérmica
	Entisol	Fluents	Torrifluents	Vertic Torrifluents	Arcillosa sobre francosa, esmectítica, calcárea, hipertérmica
	Vertisol	Torrerts	Haplotorrerts	Chromic Haplotorrerts	Fina, esmectítica, hipertérmica

Cuadro 4. Sistemas de Clasificación de los suelos del Valle de Mexicali, Baja California, México.

Perfil	Serie (SRH, 1966)	Base de Referencia Mundial WRB (ISSS-ISRIC-FAO, 1998).	Clasificación Taxonómica (Soil Survey Staff, 2006)
1	Serie Gila Fase Pesada	Haplic Fluvisol	Vertic Torrifuvent
8	Serie Gila Fase Pesada	Fluvisol Cambisol	Fluventic Aquicambid
5	Serie Gila Fase Ligera	Haplic Fluvisol	Typic Torrifuvent
3	Serie Gila Fase Ligera	Haplic Fluvisol	Oxyaquic Torrifuvent
6	Serie Gila Fase Ligera	Haplic Vertisol	Chromic Haplotorrert
7	Serie Gila Fase Ligera	Haplic Vertisol	Typic Haplotorrert
2	Meloland	Fluvisol Cambisol	Fluventic Aquicambid
		Haplic Fluvisol	Vertic Torrifuvent
		Haplic Vertisol	Chromic Haplotorrert

Cabe mencionar, que la clasificación de los Entisols a nivel de subgrupo Typic Torrifluents, coincide con la clase taxonómica descrita para la Serie Gila y Holtville actuales, con diferencias en las series a nivel de familia, mientras que la primera presenta un tamaño de partícula gruesa-francosa y mixta, la segunda es arcillosa sobre francosa, esmectítica muy mixta.

Conclusiones

Los suelos del Valle de Mexicali clasificados a nivel de las Series Gila Fase Pesada y Gila Fase Ligera, de acuerdo a la clasificación descrita por la SRH (1966) ha sido modificada, actualmente en la serie Gila se omite la denominación de fase ligera ó fase pesada, entre otras, pero sigue incluyendo el tamaño de partícula predominante que se indica con una nomenclatura diferente (Soil Survey Staff, 2006).

Los suelos se clasificaron en Fluvisoles, Cambisoles y Vertisoles, según la World Reference Base (1998) y a nivel de Orden como Entisols, Aridisols y Vertisols, de acuerdo a la Clasificación Taxonómica, a nivel de suborden, grupo, gran grupo y familia, se reflejan principalmente el origen aluvial de reciente intemperización del material, así como régimen de humedad arídico, el alto contenido de arcilla y bajo contenido de carbono orgánico en los suelos.

Literatura Citada

- Glenn, E. P., García, J., Tanner, R., Congdon, C., & Luecke, D. 1999. Status of wetlands supported by agricultural drainage water in the Colorado River Delta, Mexico. *Hortscience*, 34(1): 39-45.
- ISSS-ISRIC-FAO (International Soil Science Society-International Soil Reference and Information Centre-Food and Agricultural Organization). 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Report 84. Rome, Italy.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1966. Estudio de la Series de Suelos del Valle de Mexicali. 112 pp
- Soil Survey Staff. 1993. Soil Survey Manual. USDA - Soil Conservation Service, Agricultural Handbook No. 18, U.S. Government Printing Office, Washington, DC; 437 p.
- Soil Survey Staff. 200. Keys to soil taxonomy. Ninth edition. US Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Washington, DC.
- Soil Survey of the Yuma-Wellton Area, Arizona-California. 1933. Youngs, F.O, Harper, W. G., Isaacson, M.R. and Thorp, J. United States Department of Agriculture and University of Arizona. Series 1929 (20):44 pp.
- Van Reeuwijk, L.P. 1995. Procedures for soil analysis. Tech. Paper 9. 4th ed. International Soil Reference and Information Centre. Wageningen, The Netherlands.

CLASIFICACIÓN DE HORIZONTES EN SUELOS DE ANGANGUEO, MICHOACÁN

Cortés Vargas Martha Olivia¹, Alcalá De Jesús María², Madrigal Hernández Víctor Manuel¹, Garduño Monroy Victor Hugo¹

^(1 y 2)Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Mich. ¹Instituto de Investigaciones Metalúrgicas E-mail: amrtha@hotmail.com, vitorio_manuel@yahoo.it, vgmonroy@umich.mx; ²Facultad de Biología, tupuri12@hotmail.com

Resumen

Para clasificar a un suelo, se requiere de horizontes genéticos y de diagnóstico. Los primeros, son el resultado de los procesos de formación del suelo a partir del material que los origina, su información es cualitativa y se obtiene en el campo, y los segundos, se definen morfométricamente con datos de campo y de laboratorio con fines taxonómicos (WRB). El objetivo fue identificar a los horizontes genéticos y de diagnóstico en suelos de Angangueo, Mich. Se describió la morfología de tres suelos, se determinó el contenido de materia orgánica (MO) y el color. Se identificó un horizonte "A" entre los primeros 30 y 50 cm, la MO varió en los primeros 20 cm de alta (16%) en uno de los suelos a media (6%) en los demás, contenidos que disminuyeron con la profundidad a baja (3%). Los valores más altos de MO se presentaron en suelos con vegetación de Oyamel y en menor proporción en vegetación de pino-encino y matorral; la estructura es granular en los primeros 20 cm y de bloques subangulares a mayor profundidad. Los colores son oscuros y se identificaron por el value (brillo)/chroma (intensidad) en suelo húmedo de 2.5 a 3.0/1 a 4 y, en seco de 4/1 a 3; el espesor del horizonte es > 25 cm. El horizonte genético en los tres suelos corresponde a un "A" y cumple con la mayoría de criterios de diagnóstico para clasificarse como un horizonte Mólico o Úmbrico, la saturación de bases hará la diferencia.

Palabras clave: *Horizonte genético, Horizonte de diagnóstico, WRB.*

Abstract

To classify a soil requires genetic and diagnostic horizons. The first are the result of processes of soil formation from the material which they originate, their information is qualitative and is obtained in the field, and the second are defined morphometrically with field and laboratory data for taxonomic purposes (WRB). The objective was to identify genetic and diagnostic horizons in soils of Angangueo, Mich. We described the morphology of three soils; it determined the content of organic matter (MO) and color. We identified a horizon "A" in the top 30 and 50 cm, MO varied in the first 20 cm high (16%) in one half of the soil (6%), others contents that decreased with depth low (3%). Higher values of MO occurred in soils and vegetation Oyamel lesser extent in pine-oak vegetation and scrub, the structure is granular in the first 20 cm and the subangular blocks deeper. The colors are dark and identified by the value (brightness)/chroma (intensity) in moist soil of 2.5 to 3.0/1 to 4, and dry 4/1 to 3, the thickness of the horizon is > 25 cm. The genetic horizon in the three soils corresponds to an "A" and complies with most diagnostic criteria to be classified as a mollic or umbric, base saturation make the difference.

Key words: *Genetic horizon, Diagnostic horizon, WRB.*

Introducción

El suelo es un cuerpo natural conformado por sólidos (minerales y materia orgánica) líquidos y gases que ocurren en la superficie de la Tierra, ocupa un espacio y se caracteriza por tener horizontes o capas que se distinguen del material de origen como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y, transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 2007). El clasificar un objeto de la naturaleza se hace con la finalidad de ordenar la información en diferentes niveles jerárquicos con propósitos prácticos (IUSS-ISRIC-FAO, 2007). Así, un sistema de clasificación de suelos puede basarse en las propiedades o en la interpretación de cómo éste ha llegado a adquirir sus propiedades y características (Porta *et al.*, 2003). Para identificar a

un suelo, se requiere de horizontes genéticos y de diagnóstico. Los horizontes genéticos son el resultado de los procesos de formación del suelo a partir del material que los origina, su información es cualitativa y se obtiene en el campo. Los horizontes de diagnóstico se definen morfométricamente con datos de campo y de laboratorio con fines taxonómicos, éstos indican características específicas de la formación de los suelos. El término diagnóstico, requiere de un espesor mínimo para que se cumpla dicho requisito, lo cual indica que el horizonte ha alcanzado un alto grado de expresión para ser medible (criterios cuantitativos) y relevante para la clasificación de suelos (IUSS-ISRIC-FAO, 2007). El objetivo fue identificar a los horizontes genéticos y de diagnóstico en tres suelos del poblado de Anganguero, Mich.

Materiales y Métodos

La sierra de Anganguero pertenece al Sistema Volcánico Transversal ubicado al oriente de Michoacán y occidente del Estado de México (Figura 1) en una altitud promedio de 2580 m. La litología está compuesta básicamente por materiales andesíticos y basálticos, a partir de los cuales se ha formado el suelo, principalmente, Andosol húmico y Andosol órtico. Sobre estos suelos se desarrolla un ecosistema semifrío subhúmedo con precipitación < 40 mm en el mes más seco y lluvias en verano, la temperatura media anual oscila entre 5°C y 12°C, y la vegetación es de coníferas densa con especies como *Abies*, *Pinus* y *Cupressus* (Ramírez, 2001).

Se seleccionaron tres sitios de muestreo en la parte alta de las laderas de los cerros El Catingón, Guadalupe y El Melón (Figura 1) en donde se describió el medio físico y la morfología de los suelos en los primeros 80 cm de profundidad de acuerdo con Cuanalo (1990). Las muestras de suelo colectadas se secaron a temperatura ambiente y se pasaron por un tamiz de 2 mm de diámetro, obteniendo la fracción de tierra fina, en la cual se determinó el contenido de materia orgánica (MO) con la técnica de Walkley y Black y el color por comparación con la carta de colores Munsell (Van Reeuwijk ISRIC, 1995).

Resultados y Discusión

En los tres suelos estudiados se identificó un horizonte genético "A" entre los primeros 30 y 50 cm, éste horizonte es de alta actividad biológica con MO que varía en los primeros 20 cm de alta (16%) en un suelo a media (6%) en los demás, contenidos que disminuyeron con la profundidad a baja (3%). En el Cuadro 1 se muestra que los valores más altos en MO se presentaron en suelos con vegetación de Oyamel relativamente conservada y en los suelos con menor contenido, la vegetación fue de pino-encino y matorrales con mayor perturbación; la estructura es granular en los primeros 20 cm y de bloques subangulares a mayor profundidad, ambos con desarrollo de moderado a débil. De acuerdo con Ibarra *et al.* (2006) la MO y la presencia de abundantes raíces delgadas y finas influyen en la agregación de estos suelos en el horizonte "A".

La estructura, la M.O. (>1.0%), el color, la saturación de bases (SB) y el espesor son criterios para nombrar a un horizonte de diagnóstico (IUSS-ISRIC-FAO, 2007). Los colores son oscuros como resultado del proceso pedogenético de oscurecimiento (melanización) por la materia orgánica (Boul *et al.*, 1990) y se identificaron por el value (brillo) /chroma (intensidad) en suelo húmedo de 2.5 a 3.0/1 a 4 y, en seco de 4/1 a 3; el espesor de los horizontes "A" en los tres suelos estudiados es mayor de 25 cm, requerimientos que se cumplieron para ser clasificados como un Mólico o Úmblico.

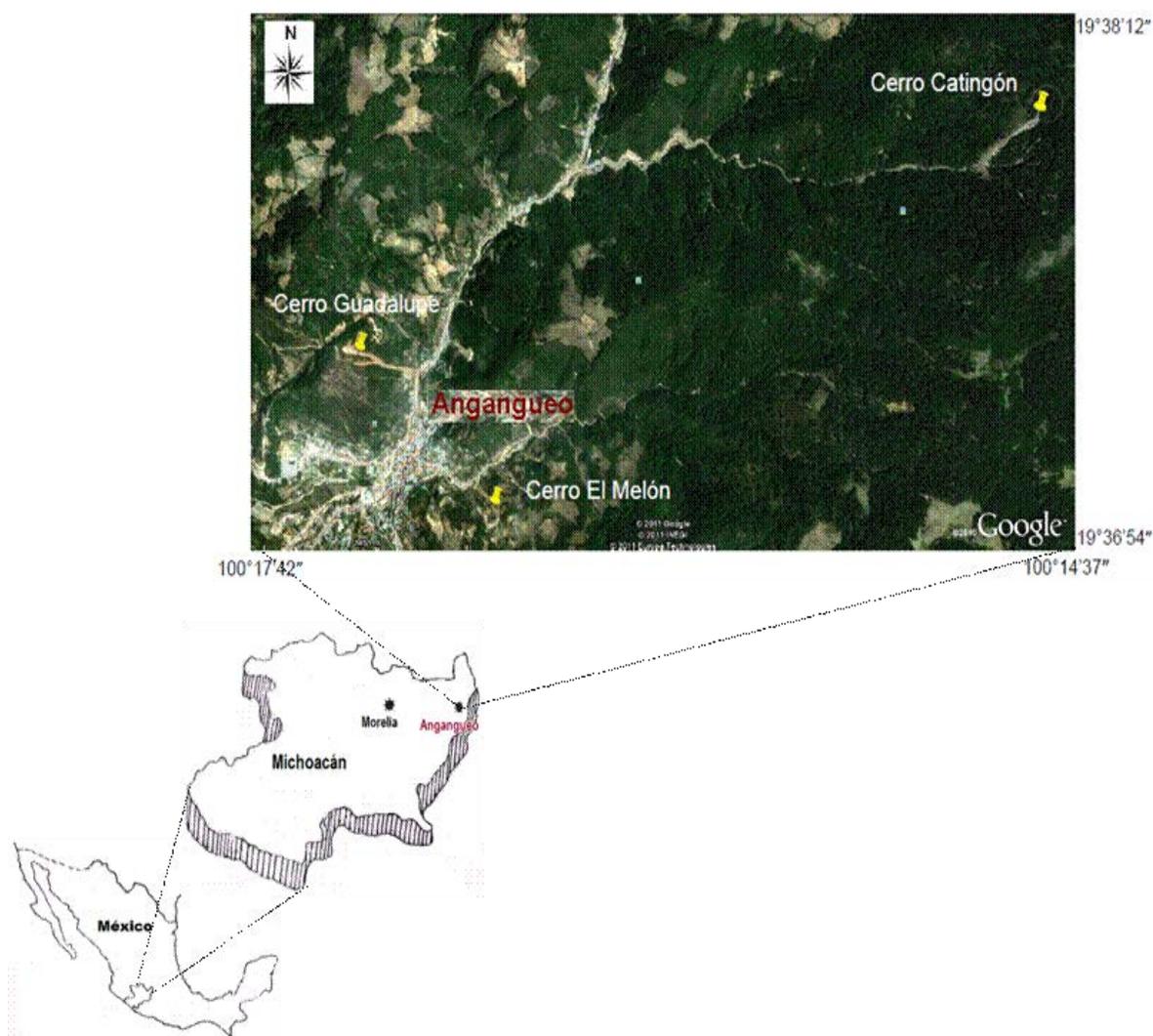


Figura 1. Localización del poblado de Angangueo, Michoacán y los sitios de estudio

Cuadro 1. Propiedades de los suelos estudiados en el Mpio. de Angangueo, Mich.

Cerro	Horiz	Espesor	Estructura	M.O	Color		Vegetación
					seco	húmedo	
Catingón	A	0-23	GR	16.0	7.5YR 4/1	7.5YR 2.5/1	Bosque Oyamel
		23-50	BS	9.0			
	C	50-80		3.1	7.5YR 6/1	10YR 4/2	
Guadalupe	A	0-5	GR	5.8	7.5YR 4/2	7.5YR 2.5/1	Encino-pino y matorral
		5-30	BS	3.0	7.5YR 5/3	7.5YR 3/3	
Melón	A	0-17	BS y GR	5.9	10YR 4/3	7.5YR 3/2	Herbáceas
		17-47		1.9	7.5YR 4/4	7.5YR 3/4	
	C	47-65	BS	1.5	10YR 7/4	7.5YR 5/6	

Horiz = horizonte; GR = granular; BS = bloques subangulares; MO = materia orgánica.

Conclusiones

Los suelos estudiados presentan un horizonte genético "A" y cumplen con la mayoría de los criterios para clasificarse como un horizonte Mólico o un horizonte Úmbrico, lo cual será determinado por el porcentaje de saturación de bases.

Literatura Citada

- Boul, S. W. F., Hole, R., Mc Cracken. 1990. Génesis y Clasificación de Suelos. Ed. Trillas. México.
- Cuanalo, C.H. 1990. Manual para la descripción de Perfiles en el campo. 3ª ed. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Ibarra C., J. A. Ruíz C., J. G. Flores G., D. R. González E. 2006. Distribución espacial del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco. *Terra* 25: 187-194.
- ISRIC (Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos). 1995. Procedimientos para análisis de suelos. pp. 1-45. *In*: L.P. Van Reeuwijk (ed.). *Procedures for soil analysis*. M.C. Gutiérrez C., C.A. Tavares E. y C.A. Ortiz S. (trads.). Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- IUSS-ISRIC-FAO. 2007. WRB: Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización al español de M. S. Pazos. *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos*. No. 103. FAO, Roma.
- NOM-021-SEMARNAT. 2003. Norma Mexicana Oficial de Suelos que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis, *Diario Oficial de la Federación* del 31 de diciembre de 2002.
- Porta, C., J., M. López-Acevedo R. y C. Roquero. 2003. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. 3ª ed. Mundi-Prensa, España.
- Ramírez R. I. 2001. Cambios en las cubiertas del suelo en la Sierra de Angangueo, Michoacán y Estado de México, 1971-1994-2000. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*. Núm. 45, pp 39-55.
- Soil Survey Staff. 2007. *Claves para la taxonomía de suelos*. Décima edición, 2006. Traducción de Ortiz-Solorio C. A y Ma. C. Gutiérrez-Castorena. Campus Montecillo, México.

UNA APLICACIÓN DE LA TAXONOMIA DE SUELOS EN CULTIVOS BAJO RIEGO EN LA PENINSULA DE YUCATAN

Novelo Coello César Augusto

Comisión Nacional del Agua Dirección Local Campeche. E-mail:cesarcoello9@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo consiste en obtener de un Estudio Agrologico en donde se aplicó el Sistema de Clasificación de Suelos del USDA (Taxonomía de Suelos), información de las Series de Suelos con sus características Físicas y Químicas y rasgos principales del Paisaje para la Clasificación de Uso Potencial y de esas características se propone una cartera de cultivos que pueden desarrollarse en esa unidad Cartográfica y derivado de los análisis de laboratorio se obtienen las láminas de almacenamiento que coadyuvan junto con el cálculo de Usos Consuntivos, Precipitaciones Efectivas, Balances Hídricos, se obtiene el Calendario de Riego de o los cultivos propuestos y en consecuencia los Volúmenes a utilizar en el ciclo Agrícola y el costo del agua dentro de la cédula de costos de Producción. Es importante señalar que el presente trabajo parte de un Estudio Agrológico realizado en la Península de Yucatán, en la Zona citrícola de Yotholin, Municipio de Ticul Yucatán México y se presenta una propuesta para su aplicación al riego. Suelos con similares características han sido identificados en el Estado de Campeche, en Emiliano Zapata, Municipio de Tenabo y lugar en donde se ejemplifica la Aplicación para riego en cultivo de mango. Lo relevante de este trabajo es que los datos pueden ser extrapolados a otras Unidades de Riego en la Península y por los altos costos de los análisis de suelos se pueden obtener ahorros considerables y se pueden generar recetas importantes para el manejo de suelos considerando la relación agua-suelo-planta-clima.

Palabras clave: *Taxonomía, uso consuntivo, precipitación efectiva, balance hídrico.*

Abstract

The present work is to obtain a agrological study where we applied the system of the USDA Soil Classification (Soil Taxonomy), information from the Soil Series in Physical and Chemical characteristics and main features of the landscape for the Classification of Use potential of these features offers a portfolio of crops that can grow on that drive derivative Mapping and laboratory tests are obtained storage blades that help with the calculation of consumptive uses, effective Rainfall, water balance is obtained Irrigation schedule or crops and therefore proposed to use the volumes in the agricultural cycle and the cost of water in the schedule of production costs. Importantly, this paper takes a agrological study conducted in the Yucatan Peninsula in Zone Yotholin citrus, Ticul Yucatan Mexico City and presented a proposal for application to irrigation. Soils with similar characteristics have been identified in the State of Campeche in Emiliano Zapata, Municipality of Tenabo and place where the application is exemplified for irrigation in mango cultivation. The relevant aspect of this work is that data can be extrapolated to other units in the Peninsula Irrigation and the high cost of soil analysis can be considerable savings can be generated recipes and important for soil management by considering the relationship between water -soil-plant-climate.

Key Words: *taxonomy, consumptive use, effective precipitation, water balance.*

Introducción

Lo importante del presente trabajo es que en la Península de Yucatán existe muy poca información referente a la Clasificación de Suelos y su aplicación para cultivos de Riego, en donde se pueda establecer la relación Agua-Suelo- Planta –Clima con base a una Clasificación Taxonómica, en este trabajo se pretende caracterizar las constantes de humedad de los suelos clasificados y obtener un calendario de riego para un cultivo determinado en este caso se ejemplifica con el cultivo de Mango.

En los últimos años a partir de 1985 se empezaron a realizar estudios agrológicos utilizando la Clasificación Taxonómica que en ese tiempo se denominaba Séptima Aproximación, su aplicación tuvo cierta aceptación por parte de técnicos dedicados al estudio de los suelos.

La aplicación de este sistema de clasificación sería de gran utilidad siempre y cuando se lograra homogeneizar la información, en una cartografía que especifique la serie de suelos, las características físicas y químicas, el uso potencial de las series y los volúmenes de agua que los cultivos requieren de acuerdo al sistema de riego que se utilice para tal fin.

En los últimos años se ha observado que los actuales productores van perdiendo la antigua tradición que tienen sus antepasados en el conocimiento de los suelos, esto favorecido en la desaparición de áreas en el Gobierno Federal que realizaba los estudios Agrológicos y de los mismos laboratorios de análisis.

Objetivo del Trabajo.

Sentar un precedente sobre la aplicación de la Taxonomía de Suelos en la aplicación del Riego en la Península de Yucatán, utilizando toda la información disponible, tanto de campo como de laboratorio en este caso utilizando la constantes físicas (capacidad de campo, punto de marchitez permanente, densidad aparente, profundidad radicular) y además obtener los usos consuntivos de los cultivos, la lluvia efectiva, balances hídricos y los volúmenes de agua a utilizar para así calcular el costo del agua dentro de la cédula de costos de producción.

La aplicación de este sistema de clasificación sería de gran utilidad siempre y cuando se lograra homogeneizar la información, en una cartografía que especifique la serie de suelos, las características físicas y químicas, el uso potencial de las series y los volúmenes de agua que los cultivos requieren de acuerdo al sistema de riego que se utilice para tal fin.

En los últimos años se ha observado que los actuales productores van perdiendo la antigua tradición que tienen sus antepasados en el conocimiento de los suelos, esto favorecido en la desaparición de áreas en el Gobierno Federal que realizaba los estudios Agrológicos y de los mismos laboratorios de análisis.

Materiales y Métodos

Los materiales utilizados son los siguientes mochila, pedológica, palas rectas, palas curvas, picos, agua, bolsas de polietileno de 4 kg, etiquetas y ligas, manual para descripción de perfiles, vehículo, material cartográfico editado por el INEGI, y los análisis de laboratorio apoyado en análisis de laboratorio de la extinta Unidad de Agrología en Mérida Yucatán y del INIFAP.

La metodología utilizada para los cálculos de Usos consuntivos fueron los de Grassi- Christiansen, la lluvia efectiva de Blanney-Criddle y de ahí se deriva el cálculo del balance hídrico, el calendario de riego, volúmenes utilizados y los intervalos de riego.

Resultados y Discusión

Se presentan los suelos identificados en la clasificación Taxonómica del USDA, por cuestiones de espacio solo se mostrará y se describirá las principales características de estos suelos y que se presenta en síntesis en el cuadro N° 2.

De acuerdo a la Clasificación del USDA, estos son suelos profundos que presentan un epipedón Mollico con un porcentaje de Saturación de bases mayor al 50%, un horizonte subsuperficial argílico, el porcentaje de arcilla en todo el perfil del suelo es mayor al 60 %, el régimen de humedad del suelo es ústico que permanece húmedo al menos 90 días al año sin embargo en los horizontes subsuperficiales existe retención de humedad por lo que se le da la consideración de Udic en el subgrupo, por tanto la Serie de suelos sería el siguiente de acuerdo a las consideraciones de campo y laboratorio Serie Kankab Arcilloso Fino, Mezclado Isohipertermico, Udic, Argiustolls, que nos dice que es un suelo del orden de lo molisoles, suborden Ustolls, Gran Grupo Argiustolls, Subgrupo Udic Argiustolls, Familia Arcilloso Fino Mezclado, Udic, Argiustolls, Serie Kankab.

De acuerdo a lo anterior la clasificación interpretativa para fines de riego es de clase I, pues presenta condiciones favorables para la práctica del Riego, tiene buenas condiciones de fertilidad, plano cuyas pendientes no sobrepasan el 1%, la materia orgánica es aceptable, los Ph se encuentra cercano al neutro y la capacidad de intercambio catiónico está en buen rango.

Con toda esta información se puede decir que esta serie de suelos su uso potencial es para todos los cultivos que puedan darse en la zona siempre y cuando el clima así lo permita, por lo que se recomienda para cultivos básicos como el maíz, sorgo, soya, hortalizas como el tomate, sandía, melón y frutales como el mango, naranja dulce, limón, marañón y todos los frutales que se puedan dar en la región.

Para el caso en particular y para los cálculos que se deben realizar para la obtención de las láminas de retención de humedad del suelo será necesario obtenerlo de las constante físicas del suelo que se reportan en el análisis de laboratorio en este caso se consideraron los distintos horizontes marcados en campo al tomar las muestras, para el caso del cultivo de mango se considera una profundidad de 80 cm, y se considera la fórmula $L = (CC - PMP) * DA * PROF$, la lámina global obtenida para la serie de suelos es de 7.46 cm, misma que se muestra en el cuadro donde se presenta los volúmenes y las horas de riego que requiere el cultivo de mango.

Por otra parte se presenta un cuadro de los principales cultivos que se dan en la región y con sus respectivos usos consuntivos, precipitaciones efectivas y los balances hídricos, todos estos calculados con los datos de la estación climatológica de Nilchi, Municipio de Campeche y la más representativa de la zona, los datos con los cuales se trabajó para los cálculos fueron las Temperaturas Medias Mensuales, Precipitaciones Medias Mensuales, Latitud, entre otros, los métodos utilizados son los de Grassi Christiansen para los Usos Consuntivos, para la precipitación efectiva el método de Blanney –Cridle que han sido los mejor resultado han dado en la Región Sureste del País, una vez estimado estos valores con las constantes de humedad del suelo se procedió a obtener la láminas de almacenamiento de humedad del suelo y a calcular los calendarios de riego, los intervalos de riego, las láminas netas, las láminas brutas, los volúmenes necesarios con base al gasto del equipo de riego, las horas riego y el costo del agua.

Cuadro1. Usos Consuntivos, Precipitaciones Efectivas y Balance Hídrico de los principales cultivos de la región Centro-Norte del Estado de Campeche.

Cultivo	Usos Consuntivos(cm)	Precipitaciones Efectivas(cm)	Balances Hídricos(cm)
Mango	151.88	73.76	78.11
Papaya	121.50	73.76	47.73
Cítricos	101.27	73.78	27.50
Marañón	131.64	73.76	57.87
Aguacate	101.27	71.76	29.50
Pastos	151.88	73.76	78.11
Maíz	55.21	40.66	14.55
Sorgo	51.38	40.94	10.44
Jamaica	49.77	40.77	8.77
Tomate	40.92	13.68	27.24
Sandía	26.17	8.82	17.35

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas de un suelo denominado en la Nomenclatura Maya como Kan-kab y como Udic Argiustolls en la Taxonomía de suelos (USDA).

H	Prof. (cm)	Características Texturales					PMP (%)	C.c (%)	H.a (%)	MO (%)	CIC meq/ 100g	pH	BI meq/100 g	PSB (%)
		Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Dap (g/cm ³)									
A1	0-15	5.78	22.44	71.78	1.13	30.54	38.97	8.43	3.54	32.64	6.70	30.00	91.91	
Bhs	15-27	3.33	18.00	78.67	1.03	30.48	36.25	5.77	2.91	30.72	6.50	22.78	74.15	
Bt1	27-50	6.22	15.11	84.67	1.03	29.4	36.54	7.14	1.92	29.28	6.30	21.34	72.8	
Bt2	50-68	6.22	13.56	80.22	1.09	27.65	37.32	9.67	1.16	28.32	6.50	21.24	75.00	
Bt3	68-85	4.00	20.67	75.33	1.20	27.52	39.99	12.3 8	0.90	26.40	6.90	20.31	76.93	

H= Horizontes, Prof.= Profundidad, Dap= Densidad Aparente, PMP= Punto de Marchitez Permanente, MO=Materia organica, CIC= Capacidad de intercambio catiónico, BI= Bases Intercambiables, PSB= Porcentaje de Saturación de Bases.

Ejemplo de láminas Netas, Brutas y Volúmenes requeridos para un suelo Kankab (Udic Argiustolls) en un sistema de riego por goteo en el cultivo de mango. Considerando el perfil del suelo a una profundidad de 80 cm.

$$L1 = (38.97 - 30.54) \times 1.13 \times 0.15 = 1.42$$

$$L2 = (36.25 - 30.48) \times 1.03 \times 0.12 = 0.71$$

$$L3 = (36.54 - 29.4) \times 1.03 \times 0.23 = 1.69$$

$$L4 = (37.32 - 27.65) \times 1.09 \times 0.18 = 1.85$$

$$L5 = (39.99 - 27.52) \times 1.2 \times 0.12 = 1.79$$

Lamina de Almacenamiento de 7.46 cm

Cuadro 3. Calendario de riego y costos del agua.

No. de riego	Intervalo de riego (días)	Fecha de riego	Lámina neta (cm)	Lámina bruta (cm)	Volumen por aplicar (m ³ /ha)	Gasto del equipo (60lps) (m ³ /hora)	Tiempo de riego	
							Horas	Minutos
1	0	01 MAY	7.46	8.28	828.88	216		
2	138	15 SEPT	5.225	5.8055	580.55	216	2	41
3	34	19 OCT	5.1919	5.7687	576.87	216	2	40
4	22	10 NOV	5.1681	5.7423	574.23	216	2	39.5
5	16	26 NOV	5.152	5.7244	572.44	216	2	39
6	14	10 DIC	5.177	5.7522	575.22	216	2	39.8
7	13	23 DIC	5.0557	5.6174	561.74	216	2	36
8	14	06 ENE	5.2458	5.8286	582.86	216	2	42
9	15	21 ENE	5.346	5.9400	594.00	216	2	45
10	14	04 FEB	5.1312	5.7013	570.13	216	2	38.4
11	13	17 FEB	5.0934	5.6593	565.93	216	2	37.2
12	13	02 MARZ	5.1298	5.6997	569.97	216	2	38.3
13	13	15 MARZ	5.33	5.9222	592.22	216	2	44.5
14	13	28 MARZ	5.33	5.9222	592.22	216	2	44.5
15	12	09 ABR	5.0209	5.5787	557.87	216	2	34.9
16	10	19 ABR	5.0652	5.6280	562.80	216	2	36.3
TOTALES			85.122	94.58	9458.00		33	10.77
							43.77	/HA

Si se considera una cuota de riego de \$ 70 pesos la hora de bombeo, el costo del agua por unidad de superficie sería de \$ 3,064, para el cultivo de mango.

Conclusiones

Los estudios de suelos o Agrologicos son una herramienta para la planeación agropecuaria y forestal y además nos proporciona las bases para la conocer la cartera de cultivos que pueden establecerse por cada Unidad Cartográfica detectada, también con los análisis de campo y de laboratorio es factible determinar las láminas de almacenamiento de cada Unidad identificada y con ello se puede realizar los cálculos de las láminas netas, brutas, volúmenes netos, volúmenes brutos, intervalos de riego, horas de riego y el pago del servicio de riego por unidad de superficie en un ciclo agrícola, esto apoyado con los datos estadísticos de temperatura, precipitación, latitudes de alguna estación climatológica, en este caso de Nilchi del Municipio de Campeche. Como se puede observar de toda la información obtenida desde el Estudio Agrologico hasta el cultivo propuesto se llega al cálculo de la cuota de riego en el ciclo anual del cultivo de mango de \$3,064 producto de proporcionar 43.77 hrs, a un costo de \$70 la hora de riego, este costo debe ser incorporado a la cédula de costos de producción del cultivo.

Literatura Citada

- CONAGUA. 1988. Estudio Agrologico detallado del proyecto de Riego, Compactación Frutícola, Municipio de Ticul, Yucatán.
- Novelo, C., 1993. Estudio Agrologico Semidetallado, del Proyecto de Riego en San Antonio del Río, Municipio de Champotón, Estado de Campeche.
- CONAGUA. 2010. Datos de Temperatura y Precipitación de la Estación Climatológica de Nilchi, Campeche.

TIPOS DE SUELOS Y VEGETACIÓN EN LA ECORREGIÓN DE TERRAZAS EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO GRIJALVA TABASCO, MÉXICO

Vázquez Negrín, Isabel¹, Castillo Acosta, Ofelia², Gama Campillo, Lilia³, Ortiz Pérez, Mario Arturo⁴
 División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco¹.
vazquisabel@hotmail.com. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México².

Resumen

Las terrazas son lomeríos que están exentos de inundaciones en Tabasco. El objetivo del trabajo fue determinar el tipo de suelo y vegetación de terrazas de la cuenca baja del Río Grijalva, Tabasco. Se obtuvieron muestras de suelos, excavando un pozo de 2 m de profundidad, para determinar el suelo. Se elaboró un mapa de geomorfología y uno de vegetación de cada terraza en el programa de ArGis versión 9.2, con ortofotos de Villahermosa y Jalpa de Méndez del 2009, para zonificar el relieve. En establecieron siete cuadros de 20*20 m (400 m²). Se censaron árboles mayores de 2 cm de diámetro a la altura del pecho. El suelo del Yumka' fue Alisol Cutánico Úmbrico (Férrico, Abruptico, Hiperdístico, Arcillico) y el Pulpito Alisol Cutánico Gléyico (Arcillico). El Yumka' tiene un horizonte Úmbrico, Férrico, un Cambio Textural Abruptico, es Hiperdístico y una textura arcillosa, mientras que el suelo del Pulpito tiene propiedades gléyicas, debido a que el manto freático se encuentra a 110 cm de profundidad. La geomorfología del Yumka presenta relieves de terraza con relicto de selva mediana subperennifolia y pastizal. La transición de terrazas a planicie aluvial con árboles de selva baja inundable, vegetación hidrófita. La geomorfología del Pulpito presenta únicamente la terraza con vegetación secundaria. En el Yumka' se registraron 837 individuos. Luin (*Ampelocera hottlei*) fue la especie más abundante. En el Pulpito se registraron un total de 1261 individuos. Jahuacte (*Bactris baculifera*) fue más abundante. A pesar de que los suelos son bajos en nutrientes en ambas terrazas, poseen vegetación de importancia ecológica para ser conservados.

Palabras claves: Terrazas¹, suelos² y vegetación³

Abstract

The terraces are hills that are exempt from flooding in Tabasco. The objective was to determine the type of soil and vegetation downstream terraces of the Rio Grijalva, Tabasco. Soil samples were obtained by digging a pit 2 m deep to determine the ground. He drew a map of geomorphology and vegetation in a terrace ArGis program version 9.2, with orthophotos Jalpa de Méndez Villahermosa and 2009, for zoning relief. In seven boxes set 20*20 m (400 m²). Trees were surveyed over 2 cm in diameter at breast height. The floor of Yumka' was Alisol Skin umbric (Ferric, abrupt, Hiperdístico, clay) and the Pulpit Alisol gleyic Skin (clay). The Yumka' has umbric, Ferric, an abrupt textural change is Hiperdístico and a clay texture, while the floor of the Pulpit gleyic properties, because the water table is 110 cm deep. Yumka geomorphology relief has a terrace with relict forest and grassland semiervergreen. The transition from floodplain terraces with trees of lowland floodplain, hydrophytic vegetation. The geomorphology of the Pulpito presents only the terrace with secondary vegetation. In Yumk ' were registered 837 individuals. Luin (*Ampelocera hottlei*) was the most abundant species. In the Pulpit were registered 1261 individuals. Jahuacte (*Bactris baculifera*) was more abundant. Although the soils are low in nutrients in both terraces, vegetation of ecological importance has to be preserved.

Palabras claves: Terraces¹, soils² y vegetation³

Introducción

Las terrazas corresponden originalmente a las antiguas terrazas costeras y marinas de fondo someros, que se formaron por sedimentos del Terciario medio de lutitas, y areniscas principalmente, terminando de depositarse a finales del Mioceno superior. Las terrazas forman un paisaje de lomeríos suaves que resultan de los procesos denudatorio-erosivos con amplitud del relieve de 20 a 50 msnm (Ortiz-Pérez *et al.*, 2005). Las terrazas tienen una extensión de 10,800 km² aproximadamente, y corresponde a las tierras bajas de

Tabasco o cuenca baja del Río Grijalva (West *et al.*, 1960). La importancia de las terrazas radica en que están formadas por una estructura de bloques aislados, lo que hace que sea de menor inundabilidad que las tierras bajas. Los suelos que se encuentran en las terrazas son pobres, bajos en nutrientes y por lo mismo son de poca fertilidad (Zavala-Cruz *et al.*, 2009). A pesar de que los suelos tienen limitantes son atractivos ya que no se inundan. Se realizó el presente trabajo con el objetivo de determinar los tipos de suelos, vegetación y relieves de las terrazas que corresponden a la cuenca baja del Río Grijalva en Tabasco.

Materiales y Métodos

La apertura del perfil para la muestra del suelo se usó una pala recta, pala curva. Se colectó la muestra de suelo en una capa de 0 a 30 cm de profundidad, para determinar en el laboratorio las propiedades físicas y químicas. Las muestras de suelo se etiquetarán, con marcadores para agregarles los datos del lugar, número de perfil, profundidad y fecha de muestreo. Para el análisis de las propiedades físicas y químicas, se hicieron con el método de la NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2003). Los parámetros que se determinarán son la textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica, y fósforo. La elaboración del mapa se realizó con ortofotos del Centro Villahermosa, Jalpa de Méndez. Se delimitó al área de estudio y se usó el software de ArcGis versión 9.2. En el mismo sitio se establecieron 7 cuadros de 20 * 20 m. Se censaron todos los árboles mayores de 2 cm de diámetro. Se colectó el material botánico para determinar las especies encontradas.

Resultados y Discusión

Las terrazas tuvieron el mismo grupo de suelo, sin embargo difirieron en la subunidad. En el Yumka la subunidad del suelo fue Alisol Cutánico Úmbrico (Férrico, Abrúptico, Hiperdístico, Arcílico) y en el Pulpito fue Alisol Cutánico Gléyico (Arcílico). En el suelo del Yumka se presenta un color rojizo y el del Pulpito presentó un color amarillento. Los dos suelos tienen revestimiento de arcillas, en el del Yumka el suelo tiene además un horizonte Úmbrico, Férrico, un Cambio Textural Abruptico, es Hiperdístico y una textura arcillosa, mientras que el suelo del Pulpito tiene propiedades gléyicas, esto se debe a que el manto freático se encuentra a los 110 cm de profundidad, motivo por el cual en periodos de lluvias hay encharcamientos fuertes, aunque la terraza no llega a inundarse, estos suelos, también tienen textura arcillosa. el Alisol. Es un suelo ácido de colores rojos o amarillos, profundos, de baja fertilidad y altamente intemperizados (IUSS, 2007). (Zavala-Cruz *et al.*, 2009; Palma-López *et al.*, 2007), según estos autores estos suelos se desarrollan en las terrazas o sabanas de Tabasco, aunque también se encuentran los Acrisoles, Luvisoles y Lixisoles.

En el Yumka (figura 1) se encontraron relieves de terrazas con selvas, y pastizales, Transición terraza-planicie aluvial con vegetación inundable, valle acumulativo cubierta por jague, pantano por vegetación hidrófita y la laguna con vegetación hidrófita. En la parte que corresponde a terrazas el suelo está muy erosionado y con cárcavas que indican la erosión de forma natural y también por animales que sueltan a comer como el venado y el pecarí de collar, ya que en la zona de estudio comprende un zoológico. La terraza está exenta de inundación en épocas de lluvias, la parte que se inunda es la transición terraza-planicie aluvial. A diferencia del Pulpito sólo corresponde al relieve totalmente de terrazas cubierto por vegetación secundaria. En épocas de lluvias, en esta zona hay encharcamientos, producto de la ganadería que es lo que se trabaja y al desmonte que se hace cada vez más en la zona, pero no llega a inundarse.

En un área de 2800 m² en el Yumka se registraron 837 individuos y 89 especies, y en el Pulpito se registraron 1251 individuos y 52 especies. La mayor abundancia en el Pulpito se debe a que la vegetación es completamente vegetación secundaria, Jague (*Bactris baculifera*) se encontró una abundancia de 704 individuos, mientras que en el Yumka la vegetación corresponde a un relicto de selva mediana perennifolia con árboles de selva como Luin (*Ampelocera hottlei*), Ramón (*Brosimum alicastrum*) según (López, 1995).

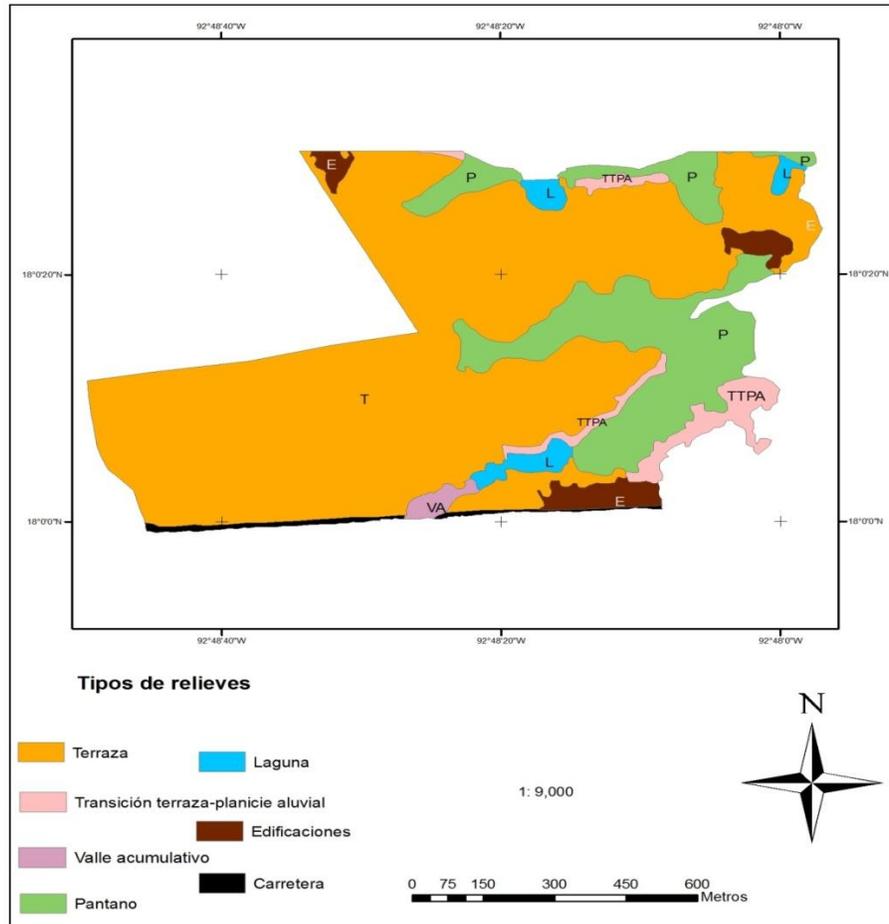


Figura 1. Relieves Terraza, Valle acumulativo, Pantano, Laguna de la Reserva Ecológica Yumka´.

(West *et al.*, 1960) en un trabajo sobre las tierras bajas del sureste de México, describen a los lomeríos como terrazas fluviales, (Ortiz-Pérez *et al.*, 2005) lo describen como una unidad ecogeográfica de Terrazas o planicie estructural. Son lomeríos de 20 a 50 msnm, ligeramente ondulados. Los suelos reportados para esta ecorregión son Alisoles, Luvisoles, Acrisoles y Lixisoles (Zavala *et al.*, 2009, Palma *et al.*, 2007), son suelos ácidos, bajo en nutrientes y por lo mismo de poca fertilidad. La vegetación que existió en estas terrazas fue selva mediana subperennifolia de acuerdo con (Rzendowski, 1978; Vos, 1996; Tudela, 1992). (López, 1995) en su estudio de los tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas, describe que en Tabasco encontró vegetación que denominó selva mediana subperennifolia de Corozo (*Attalea butyraceae*), Guano yucateco (*Sabal yucatanica*) y Huapaque (*Dialium guanense*), con arboles de Ramón (*Brosimum alicastrum*), Luin (*Ampelocera hottlei*), Jobo (*Spondias monbin*), Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Palo mulato (*Bursera simaruba*), Chacahuante (*Sickingia savaorensis*), *Dendropanax arboreus*, Cedro (*Cedrela odorata*), Macayo (*Andira inermis*), Tocoy (*Coccoloba barbadensis*) entre otras. Otras localidades donde se observó esta vegetación fueron en Parrilla, Dos montes, Loma de caballo, Ocuilzapotlan, y Tamulte en el municipio de Centro, Jálupa en Jalpa de Méndez, la Huasteca en Teapa, Villa Benito Juárez en Macuspana y la Venta en Huimanguillo Tabasco. Entre 5 a 25 msnm. Esta vegetación coincide con la encontrada en el Yumka´ por lo que se puede decir que en las terrazas de Tabasco existió selva mediana subperennifolia y la vegetación que actualmente se encuentra en el Yumka´ es un relicto de la vegetación original antes mencionada.

(López, 1995) menciona a Jalupa, Jalpa de Méndez, esta localidad esta muy cerca del Púlpito, sin embargo, en el Pulpito son pocas las especie reportadas algunas son el macayo (*A. inermis*), y toco (*C. barbadensis*), todas las especies corresponden a vegetación secundaria. La vegetación actual de las dos terrazas de estudio es producto de la deforestación de sus selvas originales.

Conclusiones

Las dos terrazas presentaron el mismo grupo de suelo el Alisol. En el Yumka la subunidad del suelo fue Alisol Cutánico Umbrico (Férrico, Abrúptico, Hiperdístrico, Arcílico) y en el Púlpito fue Alisol Cutánico Gléyico (Arcílico). Los Alisoles corresponden a las terrazas por lo que es muy común encontrarlos en esta ecorregión, son suelos ácidos, de poca fertilidad debido a que son bajos en nutrientes. Sin embargo, poseen un relicto de selva mediana perennifolia y vegetación secundaria, con especies importantes, por lo tanto es importante conservar las terrazas.

El Yumka' y el Púlpito pertenecen a la ecorregión terrazas o planicie estructural que se formaron en el Mioceno y corresponden a la cuenca baja del Río Grijalva. Las dos terrazas tienen una altura de 20 a 50 msnm. El Yumka' se compone de varios relieves, principalmente lo que se denomina terraza cubierto por un relicto de selva mediana perennifolia y pastizal principalmente. En la parte baja de la terraza se encuentra la Transición terraza-planicie, valle acumulativo y la laguna con vegetación inundable y vegetación hidrófita. Y el Púlpito es una terraza cubierta por vegetación secundaria y rodeada de pastizal.

La vegetación de la ecorregión terrazas en el Yumka' fue relicto de selva mediana perennifolia con arboles principalmente de Luin (*A. hottlei*) como especie más abundante y Ramón (*B. alicastrum*), indicando que existió una selva original de mediana perennifolia, además es una vegetación que esta en etapa de regeneración natural. En el Púlpito es una vegetación secundaria con Jahuacte (*B. baculifera*) como la especie más abundante, indica que es una área totalmente perturbada. Los dos sitios de estudios corresponden a la terraza de Macuspana, con suelos Alisoles y vegetación derivada de lo que fue selva mediana subperennifolia en las tierras bajas de Tabasco. A pesar de que los suelos tienen limitantes poseen vegetación, por lo que es importante conservarlos.

Literatura citada

- IUSS, ISRIC, FAO. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informe sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma. Pp127
- SEMARNAT. 2003. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
- López, M. R. 1995. Tipos de vegetación y su distribución en el estado de Tabasco y norte de Chiapas. Universidad Autónoma Chapingo. México, Texcoco. Pp 118.
- Ortiz-Pérez. M. A., C. Siebe y S. C. Cram. 2005. Diferenciación ecogeográfica de Tabasco. Cap. 14:305-322. En Bueno. J., F. Álvarez y S. Santiago (Eds) Biodiversidad del estado de Tabasco, 386 pp. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO, México.
- Palma, L. D., J. Cisneros, C. Moreno y J. A. Rincón. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de postgraduados-ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. Pp 1-195.
- Rzendowski, J. 1978. Vegetación de México. Editorial Limusa, México. Pp 432
- Tudela, F. 1992. La modernización forzada del trópico. El caso Tabasco proyecto integrado del Golfo. Colegio de Ingenieros, México. Pp 472
- Vos, J. 1996. Oro verde. La conquista de la Selva Lacandona por los madereros tabasqueños, 1822-1949. Instituto de la cultura de Tabasco. Pp 330
- West, R. C., N. Psuty y B. G. Thom. 1960. Las tierras bajas de Tabasco en el Sureste de México. Instituto de Cultura de Tabasco, Gobierno del Estado de Tabasco. México, D. F. Pp 409.
- Zavala-Cruz J., O. Castillo A., A. I. Ortiz C., D. J. Palma-López, J. F. Juárez L., S. Salgado-García, J. A. Rincón-Ramírez, E. Moreno C., R. Ramos R. 2009. Capacidad de uso del suelo urbano en Tabasco, con base en suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Postgraduados, Secretaría de Asentamientos y Obras Públicas, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Consejo de Ciencias y Tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 204 p + anexo cartográfico.

SUELOS CAFETALEROS DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA UN ESTUDIO COMPARATIVO.

Ticante Roldán, J. A.^{1,2}, Orellana Rivadeneyra, Gustavo² y
Linares Fleites, Gladys^{1,2}

¹Departamento de Investigaciones en Ciencias Agrícolas

² Posgrado en Ciencias Ambientales,

Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Resumen

Se realizó una comparación cualitativa y cuantitativa entre características fisicoquímicas de suelos de cafetales de la Sierra Norte de Puebla. El objetivo fue diferenciar las dos técnicas generales de cultivo de café en la región, cultivo al Sol y cultivo a la Sombra, en su efecto sobre la dinámica de la materia orgánica en el suelo, así como su influencia en la calidad del suelo. La comparación cualitativa de características fisicoquímicas del suelo de cafetales se hizo de modo gráfico. Por otro lado, se efectuó un análisis de varianza multivariado de los datos para la comparación cuantitativa. Los resultados aquí obtenidos nos permitirán establecer criterios para calificar la influencia del manejo del cafetal en el almacenamiento de carbono, y consecuentemente, en la mitigación del cambio climático.

Palabras clave: *carbono en suelo y cambio climático*

Abstract

A comparison was made between qualitative and quantitative physic - chemical properties of soils in coffee plantations in the Sierra Norte de Puebla. The aim was to differentiate the two general techniques of coffee cultivation in the region, growing the sun and shade-grown, its effect on the dynamics of soil organic matter and its influence on soil quality. The qualitative comparison of physic - chemical soil of coffee was so graphic. On the other hand, it was conducted an analysis of variance of data for quantitative comparison. The results obtained allow us to establish criteria to rate the influence of the plantation management on carbon storage, and consequently, mitigation of climate change.

Key Words: *soil carbon and climate change*

Introducción

De acuerdo con los estudios realizados a partir de las iniciativas del *Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC (IPCC, 2007), se sabe que el manejo de los suelos repercute en el cambio climático. Esto se debe al papel que desempeña el suelo en la captura y retención de carbono orgánico (Luis-Mejía *et al.*, 2007).

Para realizar un manejo adecuado de los suelos, considerando el medio ambiente, es preciso conocer sus características físico - químicas, entre ellas, contenido de carbono orgánico, de nitrógeno, densidad aparente, capacidad de intercambio cationico, etc. También es importante conocer la manera en que estas características son afectadas por los distintos usos de suelo, principalmente en actividades agrícolas y forestales.

Para este trabajo se centró la atención en el cultivo de café. El objetivo fue diferenciar las dos técnicas generales de cultivo del café, cultivo al Sol y cultivo a la sombra, en función de características físico - químicas del suelo. El interés es comparar el efecto de la estrategia de cultivo en los porcentajes de materia orgánica y en la relación C:N de los suelos. Estos indicadores nos pueden dar información del efecto de la estrategia de cultivo en la dinámica de la materia orgánica en el suelo, así como de su influencia en la calidad del suelo, su susceptibilidad a la actividad biológica, y su estabilidad estructural.

El manejo de los suelos repercute en el cambio climático. Esto se debe al papel que desempeña el suelo en la captura y retención de carbono orgánico, es decir, puede ser secuestrador o emisor dependiendo del uso (Villalobos, 2005). El conocimiento de la dinámica del carbono en ellos permitirá diseñar estrategias para reducir el CO₂ atmosférico.

Materiales y Métodos

Se empleó información de campo y de laboratorio obtenida en fincas cafetaleras de la Sierra Norte de Puebla, localizadas en los municipios de Zihuateutla, Cuetzalan del Progreso, Xicotepec de Juárez, Hueytamalco y Tlatlauquitepec. Las fincas están entre los 97° 4.2' y los 97° 57' de longitud Oeste, y entre los 20° y los 20° 22' de latitud Norte. La altitud va de 590 msnm a 1130 msnm. La temperatura media anual en algunos sitios es menor a 18°C y en otros puede alcanzar 24°C. La precipitación pluvial media anual está entre 2597 mm y 3362 mm. Los distintos tipos de suelo de la región son: Listosol, Regosol, Luvisol, Andosol, Vertisol, Acrisol, Cambisol, Castañosem y Feozem (Ticante R, J.A. 2000).

Se obtuvieron datos de densidad aparente del suelo (DA), porcentaje de carbono orgánico del suelo (COS), porcentaje de materia orgánica del suelo (MOS), porcentaje de nitrógeno total (N) y relación C:N obtenidos para los diferentes perfiles de cafetales.

Se realizó una comparación cualitativa de MOS entre cafetales al Sol y cafetales a la sombra mediante gráficas como función de la profundidad del suelo.

Se efectuó un análisis de varianza multivariado de los datos para una comparación cuantitativa (Linares F, G., 2006) tomando como factor el tipo de cafetal (Sol, Sombra). Las cantidades que se incluyeron en el análisis fueron el porcentaje de MOS, porcentaje de COS, DA, el porcentaje de N total y la razón C:N. En este caso, se consideró el valor del punto medio como referente de profundidad para cada uno de los perfiles. Adicionalmente, se obtuvo la ecuación de regresión que permite explicar la relación C:N en función del COS.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se muestra la información estadística que describe a ambos tipos de cafetales. En esta tabla se incluyo, como variables, la profundidad media del suelo, el porcentaje de MOS (% MOS), el porcentaje de COS (% COS), el porcentaje de N (% N) y la relación C:N. En la descripción se consideró cada perfil como una muestra.

Cuadro 1. Estadísticas descriptivas

Variable	Tipo de Cafetal	Total de muestras	Media	Desviación estándar	Valor mínimo	Mediana	Valor máximo
Profundidad media	Sol	6	9.75	6.04	3.50	9.50	17.00
	Sombra	11	10.14	7.92	0.75	7.50	28.50
% MOS	Sol	6	9.32	5.48	3.40	8.90	19.10
	Sombra	11	9.16	5.58	2.10	7.70	24.00
% COS	Sol	6	5.380	3.120	1.94	5.18	10.90
	Sombra	11	5.301	3.195	1.80	4.47	13.80
% N	Sol	6	0.7467	0.1908	0.50	0.73	1.02
	Sombra	11	1.2870	1.2520	0.60	0.74	4.90
C:N	Sol	6	8.080	4.660	2.15	7.15	14.50
	Sombra	11	5.104	2.477	1.20	4.50	8.60

Se puede observar en la figura 1 que el contenido de MOS disminuye de manera aproximadamente exponencial conforme aumenta la profundidad. Tal comportamiento es esperado en suelos donde hay un aporte constante de materia orgánica (MO) fresca, favoreciendo la humificación. La gráfica también sugiere que ni la reincorporación de la MO a la biomasa ni la mineralización o degradación produce disminuciones importantes de MOS.

En la figura 2 se muestra el comportamiento de la MOS, conforme aumenta la profundidad, en cinco perfiles de cafetales al Sol (Ticante R, J.A. 2000). El comportamiento mostrado por los perfiles 89060301, 90060305 y 91052103 indica que el aporte de MO fresca superficial no alcanza a reemplazar a la MO del suelo que se pierde por mineralización, incorporación a la biomasa, flujo, degradación o erosión. Esto evidencia una pobre humificación.

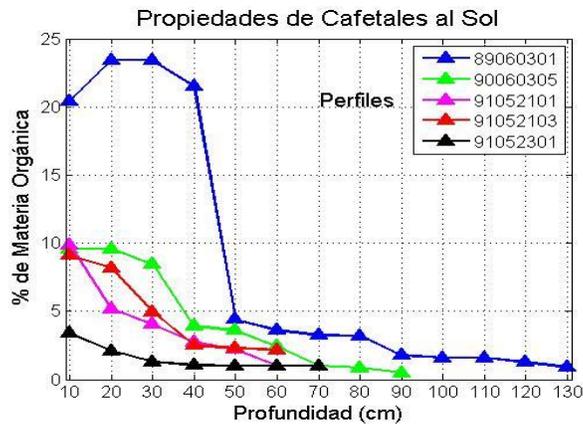


Fig. 1. Propiedades de Cafetales al Sol

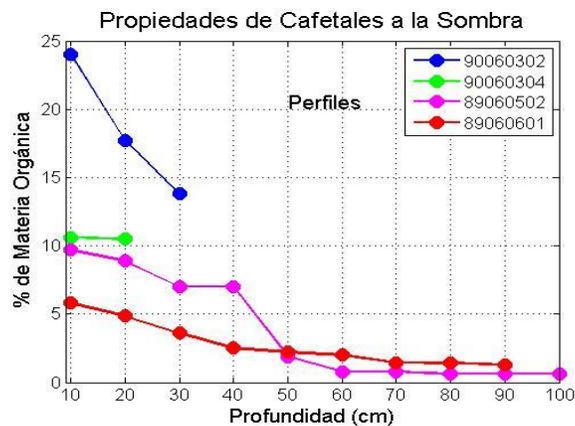


Fig. 2. Propiedades de Cafetales a la Sombra

Al realizar el Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA) se obtuvo un estadístico Wilks igual 0.72968, cuya transformación corresponde al estadístico F igual a 1.111 con 4 grados de libertad en el numerador y 12 grados de libertad en el denominador. El valor p empírico fue de 0.396 lo que indica que no se rechaza la hipótesis de nulidad y, en conjunto, las variables comparadas no establecen diferencias significativas entre los cafetales a la sombra y al sol. Sin embargo, como puede apreciarse en el cuadro 2, el análisis de varianza univariado de la relación C:N mostró un valor de p mucho más pequeño, lo que se sugiere que esta característica es capaz de diferenciar los cafetales al Sol de los cafetales a la Sombra.

Cuadro 2. Análisis de Varianza para la relación C:N

Fuente de variabilidad	gl	SS	MS	F	p
TipoCafetal	1	34.28	34.28	3.03	0.102
Error	15	169.75	11.32		
Total	16	204.03			

El Análisis de Componentes Principales de la matriz de correlaciones parciales de la Suma de Cuadrados del Error se muestra en el cuadro 3 en sus tres partes: (A) Matriz de correlaciones Parciales, (B) Análisis de Valores Propios y de Vectores Propios por tipo de cafetal. Los resultados destacan la importancia de la relación C:N para la diferenciación de los tipos de cafetales. Con la primera componente principal (combinación lineal de las cuatro propiedades del suelo consideradas) puede explicarse toda la variabilidad y en la misma la RelC:N muestra el coeficiente positivo más alto.

Cuadro 3. Análisis de Componentes Principales de la Matriz de correlación Parcial

(A) Correlaciones Parciales para la matriz SSCP del Error				
DenApa	%CO	%N	RelC/N	
DenApa	1.00000	-0.65213	0.01921	-0.39368
%CO	-0.65213	1.00000	0.08328	0.68543
%N	0.01921	0.08328	1.00000	-0.21653
RelC/N	-0.39368	0.68543	-0.21653	1.00000
(B) Análisis de Valores Propios y Vectores Propios por tipo de cafetal				
Eigenvalue	0.3705	0.00000	0.00000	0.00000
Proportion	1.0000	0.00000	0.00000	0.00000
Cumulative	1.0000	1.00000	1.00000	1.00000
Eigenvector	1	2	3	4
DenApa	-0.2155	2.7977	2.4127	0.7897
%CO	-0.0767	-0.0011	0.1061	0.0630
%N	-0.0175	0.0053	0.0193	-0.2736
RelC/N	0.1028	0.0000	0.0000	-0.0516

Teniendo en cuenta estos resultados es de importancia el desarrollo de ecuaciones de regresión que expliquen la relación C:N en función de otras propiedades fisicoquímicas del suelo. Aquí sólo se muestra la ecuación en función del COS (%CO).

La figura 3 muestra el comportamiento de la relación C/N en función del % C, que aunque con un coeficiente de determinación de sólo el 40%, la prueba F muestra en ajuste significativo a un nivel del 5%.

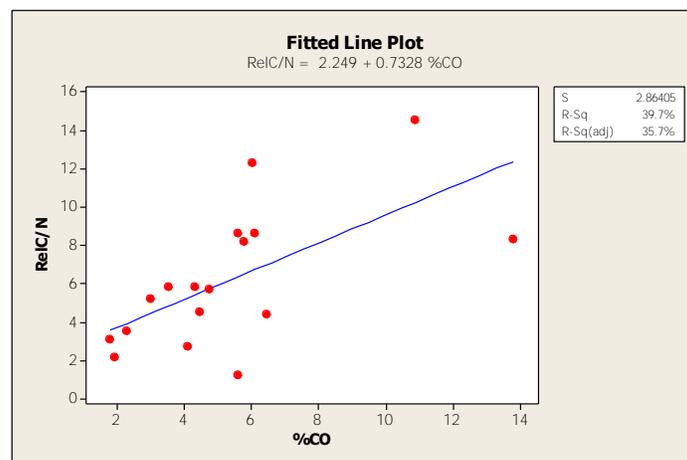


Figura 3. Ecuación de regresión

Los resultados obtenidos con la comparación de propiedades del suelo nos permiten identificar las características del suelo más relevantes

Puede verse que el análisis gráfico indica que los cafetales a la sombra favorecen un aumento en las reservas de COS. Lo contrario sucede con los cafetales al Sol, donde la MOS se pierde, y esto puede ser

por mineralización, incorporación a la biomasa, flujo, degradación o erosión. El ANOVA aplicado a la relación C:N confirma cuantitativamente estos hechos.

Se encontró que a pesar de que el MANOVA nos dice que no existen diferencias significativas entre los porcentajes de COS y de N de los cafetales al Sol y los cafetales a la sombra, el análisis gráfico indica que los cafetales a la sombra tienden a estabilizar la MO, favoreciendo un aumento en las reservas de COS. Lo contrario sucede con los cafetales al Sol, donde la MOS se pierde por mineralización, incorporación a la biomasa (los cafetos principalmente), lixiviación, degradación o erosión. La causa de pérdida de MOS podría confirmarse al analizar la relación entre Ácidos Húmicos y Ácidos Fúlvicos.

Conclusiones

La comparación de propiedades del suelo, entre las dos estrategias de cultivo de café, nos permitirá establecer criterios para calificar la influencia del manejo del cafetal en el almacenamiento de carbono, y consecuentemente, en la mitigación del cambio climático.

Un importante indicador de la actividad del suelo en el secuestro de carbono es la relación C:N. En este caso, el ANOVA nos indica que sí existe una diferencia significativa entre la relación C:N de los cafetales a la sombra y los cafetales al Sol, confirmando cuantitativamente que el suelo de cafetales a la sombra tiene un impacto en el secuestro de carbono superior al de los cafetales al Sol.

Debe esperarse entonces, que el suelo de los cafetales al Sol de la Sierra Norte de Puebla tenga un tiempo finito de vida útil, para uso agrícola o forestal.

Literatura Citada

- IPCC, 2007. Cambio climático 2007, informe de síntesis (http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf)
- Linares, G., 2006. Análisis de Datos Multivariados Ed. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Computación. 277p
- Luis-Mejía, S., A. Gómez, J. Etchevers, G. Ángeles, M.A.López y W. R. Horwath. 2007. Acumulación de carbono orgánico en el suelo en reforestaciones de pinus michoacana. *Agrociencia* 41: 711-721.
- Orellana, G., 2011. Modelo de la dinámica de carbon en suelos de sistemas agroforestales. En: Reyes, H et al., *Matemáticas, Estadísticas y Medio Ambiente*. Dirección General de Fomento Editorial. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México ISBN: 978-607-487-296-5.
- Ticante, J.A. (2000). Investigaciones edafológicas sobre el estado de degradación de agrosistemas cafetaleros y otros agrosistemas en la Sierra Norte de Puebla. Tesis de Maestría. UNAM, México D.F.

INVENTARIO EDAFOLÓGICO "EXPLORACIÓN GEOLÓGICA DEL PH LAS CRUCES, NAY"

Julián Becerra Vivar

Comisión Federal de Electricidad, Centro de Anteproyectos del Pacífico Norte.

E-mail:julian.becerra @cfe.gob.mx

Resumen

La política actual de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) considera para sus proyectos la integración de la variable ambiental, la participación social, identificación de afectaciones y potenciales beneficios que pudieran presentarse. Un área importante de CFE se dedica a identificar sitios de interés para la ubicación de proyectos hidroeléctricos (PH), el PH Las Cruces es uno de ellos, el cual se encuentra en estado de investigación para definir su factibilidad geológica, técnica, social y ambiental, la zona de estudio se localiza la parte central del Estado de Nayarit, a 65 km al Noroeste de la ciudad de Tepic y a 25 km al Noreste del poblado de Ruíz, ocupa terrenos del municipio de Ruíz y de Rosamorada en el Río San Pedro. Uno de los estudios es la manifestación de impacto ambiental en cuya estructura se requiera información relacionada a los suelos del sitio, la integración de la información relacionada al suelo puede implicar la atención del requerimiento de la autoridad ambiental y conformar datos importantes para programas de restauración y conservación de suelos.

Palabras clave: *Proyectos hidroeléctricos, suelos y factibilidad.*

Introducción

La exploración geológica se desarrollara sobre el eje del Proyecto Hidroeléctrico (PH) Las Cruces, en el Río San Pedro, aproximadamente a 5 km aguas arriba del poblado San Pedro Ixcatán. La zona no presenta urbanización, se trata de una zona completamente rural con predominio de áreas silvestres con diferentes grados de disturbio. El sitio se localiza en la provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental (S.M.O.) presenta una topografía accidentada y existen especies de origen tropical y ártico, pues su hábitat contiene características de ambas regiones, existiendo selvas húmedas y subhúmedas en las partes bajas de la cuenca, así como bosques de encino-pino hacia las partes altas. La región montañosa, perteneciente a la jurisdicción del Estado de Nayarit

Materiales y Métodos

Para el diagnóstico de este factor ambiental, se utilizó el concepto de "asociación" la cual se base en el estudio de unidades de suelo conformadas por más de una clase. En México existe una fuerte tendencia a utilizar la metodología desarrollada por la FAO/UNESCO, esta clasificación utiliza como caracteres diferenciadores las propiedades del suelo medibles cuantitativamente en campo y en laboratorio, los caracteres permiten establecer las clases de suelo de manera precisa. Otra ventaja importante de esta clasificación es que con ella es posible referir tanto a los suelos vírgenes así como los materiales alterados u originados por la influencia humana (antropogénicos).

Los perfiles de suelo incluidos en la cartografía del INEGI no cubren la totalidad de los principales tipos de suelo del Sistema Ambiental, principalmente con los que está directamente relacionado con las actividades de exploración geológica, por lo que resultó necesario realizar en campo descripciones completas de nuevos perfiles tomando muestras por horizonte observado. La descripción del perfil, la presentación de tablas con resultados analíticos (anexo) y esquemas del perfil diagnosticado (anexo). La descripción del perfiles, está redactado conforme a la guía para la descripción de perfiles de suelos propuesta por la FAO.

Determinación en laboratorio

Determinación	Método	Unidad
Densidad real	Picnómetro	grs/c.c
Densidad aparente	Picnómetro	grs/c.c
Color	Munsell	Sin unidad
Textura	Bouyoucos	%
Cap.intercambio de cationes	Acetato de amonio	meq/100 grs
Materia orgánica	Walkey-Black	%
Cationes intercambiables	Volumetria/fluorimetría	Meq/100 grs
Conductividad eléctrica	Conductímetro	Mmhos/cm2
Fertilidad	Morgan	ppm

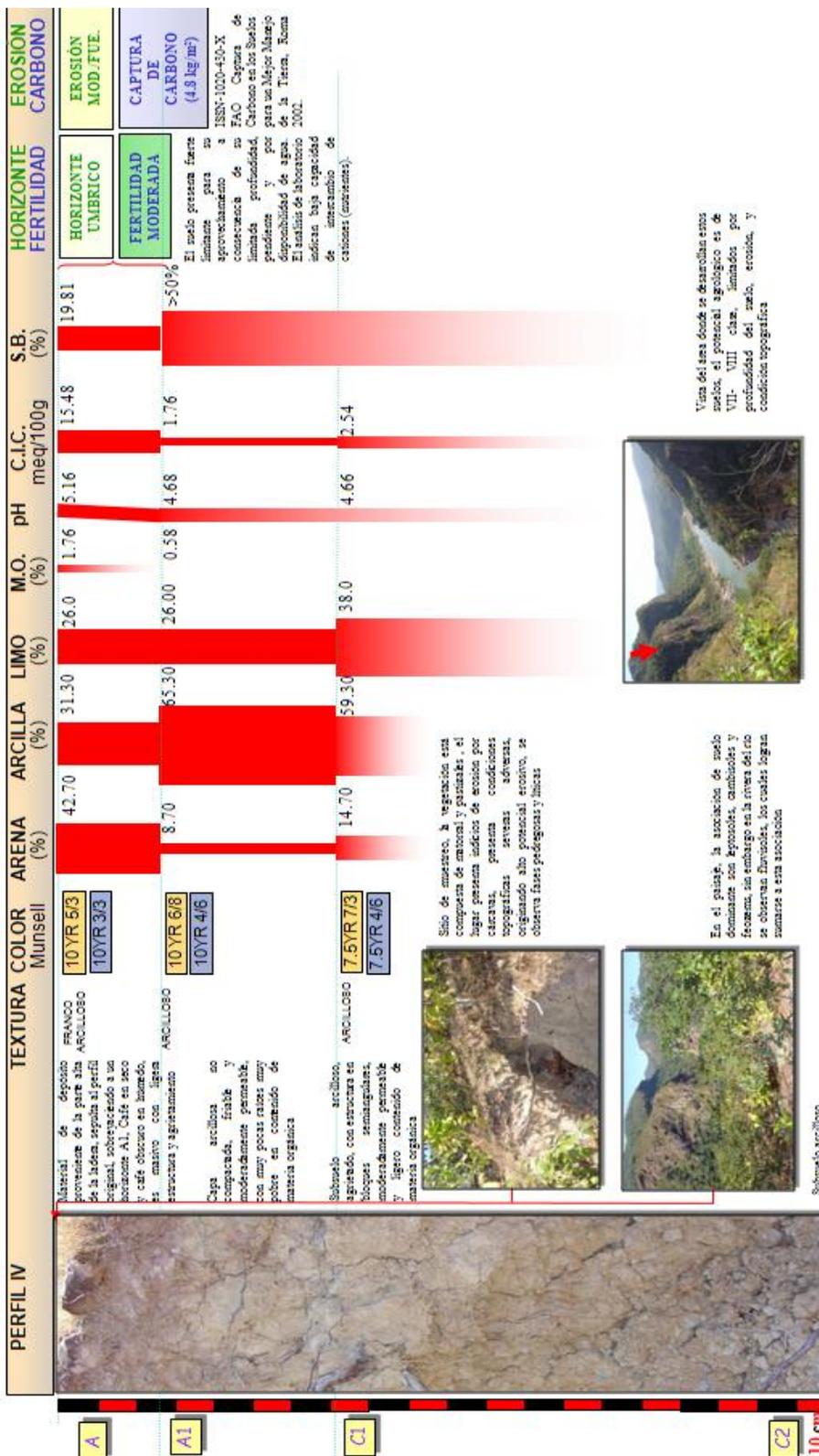
Resultados y Discusión

Utilizando la cartografía del INEGI (FAO/UNESCO(1974) y retomando las en WRBSR/FAO1998, se logró identificar distribución de los diferentes tipos de suelos del mosaico edáfico y sus asociaciones, en ellas sobresalen las siguientes unidades Leptosoles, Cambisoles y en los depósitos aluviales (playones) del Río San Pedro Fluvisoles, sin embargo es posible encontrar inclusiones no cartografiables (1: 50 000) de Luvisoles, Feozems y Regosoles, durante el recorrido de campo no lograron detectarse materiales edáficos producto de actividades antropogénicas.

La información de los datos de campo, laboratorio, cálculo de fertilidad, estabilidad, fragilidad y erosión de suelos, incluyendo captura de carbono se procesaron y se crearon figuras representativas los principales tipos de suelo del sistema ambiental, haciendo más accesible la información para ingenieros civiles, arquitectos, geólogos, contratistas y personal que de alguna manera trabajan en las actividades de exploración. La información se procesó de tal manera que logra brindar de manera rápida y sencilla información básica para campañas del establecimiento de medidas de mitigación de la propia manifestación de impacto ambiental durante la ejecución de las obras, o para los programas de mitigación de efectos ambientales adversos, un ejemplo de estas figuras es la siguiente:

Edafología Exploración geológica P.H. Las Cruces, Nay.

Cambisol éútrico



Sitio: Las Cruces-para alta de la boquilla (zona de exploración geológica)
Municipio: Ruiz
Estado: Yucatán
Uso actual: Forestal y pecuario
Uso potencial: Clase VII
Erosión: Moderada, tipo laminar y cárcavas
Posición geográfica (GPS): 0505272 y 2442269

C.I.C.: Capacidad de intercambio de cationes
S.B.: Saturación de base
M.O.: Materia orgánica
 meq/100 g = 100 g de suelo / 100 g de agua por cada capa de suelo
 Color Munsell

Conclusiones

En México, en el proceso de requisición y elaboración de los estudios de impacto ambiental, el factor suelo por lo regular es castigado o subestimado. Sin embargo, estudios como el de la Manifestación de Impacto Ambiental para las Actividades de Exploración Geológica del PH las Cruces, permite demostrar que un estudio razonablemente amplio, ambicioso y bien elaborado, además de exponer la información requerida por la autoridad ambiental, permite brindar resultados aplicables durante las diferentes etapas de construcción o ejecución de actividades así como de material base para los programas de restauración, reforestación, manejo de cuencas y campañas de educación ambiental.

Literatura Citada

- CEOTMA. 1982. Guía para la Elaboración de Estudios del Medio Físico. MOPU. Madrid, España.
- CETENAL. 1974. Carta Edafológica San Pedro Ixcatan F-13-B-81. Escala 1:50,000.
- CETENAL. 1974. Carta Uso de Suelo San Pedro Ixcatan F-13-B-81. Escala 1:50,000.
- CETENAL. 1975. Carta Uso Potencial San Pedro Ixcatan F-13-B-81. Escala 1:50,000.
- CETENAL. 1981. Carta Hidrológica de Aguas Subterráneas Escuinapa F-13-5. Escala 1:250,000.
- CETENAL. 1981. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales F-13-5. Escala 1:250,000.
- CETENAL. 1981. Carta Geológica San Pedro Ixcatan F-13-B-81. Escala 1:50,000.
- Colegio de Postgraduados (1991). Manual de Conservación del Suelo y Agua. C.P. CP SARH-SPP. Chapingo, México.
- CONABIO. 1997. Carta de Climas de Jalisco. Escala 1:1 000 000.
- Conesa Fdez.-Vitoria V. 2003, Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental, Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante. Ediciones Mundi-Prensa.
- Rosier, Omar Barrera. 2002. Consideraciones Geomorfológicas sobre la Sierra Madre Occidental en el Norte de Jalisco, México. Boletín del Instituto de Geografía. UNAM. No. 48, pp. 44-75. México, D. F.
- S.A.R.H. COTECOCA. 1979. Memoria del Estado de Nayarit. Tomos I y II. México, D. F.
- Universidad de Guadalajara. 2005. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional del P.H. La Yesca, en los Estados de Jalisco y Nayarit. Guadalajara, Jalisco, México.
- WRB. 1998. World Reference Base for Soil Resources FAO-ISRIC-ISSS. Roma, Italia.

SUELOS Y VEGETACIÓN DE ACAHUALES EN REGIONES ECOGEOGRÁFICAS DE LA SIERRA NORTE DE CHIAPAS

¹López Pérez Diana, ²Castillo-Acosta Ofelia y ³Zavala-Cruz Joel

^{1,2}Laboratorio de Ecología Vegetal. División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, capricornio_19_98@hotmail.com

³Laboratorio de Suelos. Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco, zavala_cruz@colpos.mx

Resumen

Los tipos de suelos son distintos dependiendo de la vegetación y el relieve, de ahí la importancia para estudiar las diferentes unidades en las regiones ecogeográficas. El objetivo fue conocer el tipo de suelo y la composición florística de acahuales en tres regiones ecogeográficas de la Sierra Norte de Chiapas. Para el estudio de vegetación se establecieron 5 unidades de muestreo de 20 x 20 m (400 m²) para cada región. En cada unidad se tomaron datos de altura y DAP de árboles > 2.5 cm. Se describió un perfil por cada región y se hicieron tres barrenaciones y colecta de suelo de 0 a 30 cm de profundidad. El número de especies fue mayor en la colina y en el valle menor. Las especies representativas fueron, *Lonchocarpus oliganthus* y *Swartzia cubensis* en el valle; *Rinorea guatemalensis*, *Brosimum alicastrum*, *Alseis yucatanensis*, en el lomerío, *Saurauia yasicae* y *Dendropanax arboreus* en la ladera. Se obtuvo una diversidad de 3.5 a 3.9 siendo más alto en la colina. Las tres regiones compartieron especies relictos de selva. El tipo de suelo fue diferente en cada región, Fluvisol en el valle, Cambisol en la colina y Luvisol en la ladera. El sitio más fértil fue la ladera por la vegetación conservada.

Palabras clave: regiones ecogeográficas, suelo, fertilidad

Abstract

Soil types are different depending on the vegetation and topography, hence the importance to study the different eco-geographical units in the regions. The objective was to determine the soil type and floristic composition in three regions ecogeographical acahuales Sierra Norte de Chiapas. For the study of vegetation were established 15 quadrant of 20 x 20 m (400 m²) for each region, data were taken from tree height and DAP > 2.5 cm. He described a profile for each region and make three drillings and collection soil from 0 to 30 cm deep. The number of species was higher on the hill and valley lower. Representative species were *Swartzia cubensis*, *Lonchocarpus oliganthus*, in the valley; *Rinorea guatemalensis*, *Brosimum alicastrum*, *Alseis yucatanensis*, in the foothills, and *Dendropanax arboreus* and *Saurauia yasicae* on the hillside. We obtained a diversity of 3.5 to 3.9 being the highest on the hill. The three regions shared forest relict species. The soil type was different in each region, Fluvisol in the valle, Cambisol on the hill and Luvisol on the hillside. The site was the most fertile hillside vegetation preserved.

Key Words: eco-geographical regions, soil, fertility

Introducción

La pérdida de la vegetación clímax trae como consecuencia que el área se convierta en un mosaico de comunidades vegetales que presentan diferente fisonomía desde tipo herbáceo, arbustivo y arbóreo, llamadas con frecuencia "acahuales" que están representando los diferentes estadios sucesionales (Clements, 1940; INEGI, 2008). La demanda por mas espacios para la agricultura, la ganadería y el crecimiento poblacional hacen que cada día se pierda vegetación original con mucha mayor incidencia en el sur y sureste de México (Quadri *et al.*, 2002). La eliminación de la cobertura arbórea, la introducción de ganado y el establecimiento de cultivos provoca la degradación del suelo en términos de sus propiedades físicas y químicas (compactación del suelo, pérdida de nutrientes y de materia orgánica). El desconocimiento sobre la vegetación secundaria provoca que no se le dé la debida importancia, siendo este tipo de vegetación la clave, para establecer programas de conservación. El objetivo fue conocer el

tipo de suelo y la composición florística de acahuales en tres regiones ecogeográficas de la Sierra Norte de Chiapas.

Materiales y Métodos

El área de estudio se localiza entre los municipios de Tila y Salto de agua, al Norte del estado de Chiapas. Específicamente la investigación se efectuará en la comunidad de Nuevo Limar y se localiza entre las coordenadas: 17°27'36" y 17° 29'40" latitud norte y entre los 92°21'51" y 92°24'50" longitud oeste. También se considerará la comunidad de Potioja, perteneciente al municipio de Salto de agua localizada entre las coordenadas 15Q0569754, UTM 1936571. La geología es de origen sedimentario con areniscas y lutitas del terciario, eoceno y calizas del mesozoico y terciario inferior (Ferrusquia-Villafranca, 1993), el clima es Af (m), la vegetación es secundaria y algunos relictos de selva. Se seleccionaron las regiones ecogeográficas: valle, lomerío y ladera, cada una con tres replicas dentro de las cuales se establecieron 5 cuadros de 20 x 20 m² (400 m²) haciendo en su totalidad 45 cuadros. Dentro de cada unidad se censaron todos los árboles tomando en cuenta aquellos con un diámetro mayor a 2.5 cm a la altura del pecho (1: 30 m). En cada región se describió un perfil y se colectó suelo por horizonte; por región se hicieron tres barrenaciones y colecta de suelo de 0 a 30 cm de profundidad; el material se analizó en el laboratorio con fines de clasificación y fertilidad. La clasificación de los perfiles de suelos se realizó usando la Base Referencial Mundial del Recurso de Suelo (IUSS *et al.* 2007) y la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT- 2000 (Diario Oficial de la Federación, 2003).

Resultados y Discusión

El número de individuos y especies fue diferente en cada región ecogeográfica: en el valle se identificaron 75 especies distribuidas en 30 familias; en la colina, 83 especies divididas en 34 familias; y en la ladera, 65 especies distribuidas en 29 familias. En las tres regiones la familia fabácea fue dominante, seguida de la familia Rubiácea, estas familias son reportadas en la misma secuencia por Levy *et al.* (2002 y 2006) y Ochoa (2007), en acahuales de la selva lacandona pero también se reportan para selvas altas y medianas perennifolias tales como, Valle-Domenech (2000), Godínez-Ibarra (2002), Maldonado (2010) y Bongers *et al.* (1988). Se registraron especies consideradas de selvas altas, así como, *Brosimum alicastrum*, *Manilkara zapota* y *Swartzia cubensis* siendo esta última la más abundante en los valles, estas especies fueron registradas por Ochoa (2007), Gómez-pompa (1985), Penninngton y Sarukhàn (2005) y Martínez (2002), lo que indica que las especies se están estableciendo una vez que los acahuales alcanzan cierta edad. Las especies con mayor abundancia fueron: *Lonchocarpus* en el valle; *Astrocaryum mexicanum* en la colina y *S. yasicae* en la ladera inclinada (Figura 1).

Se diferenciaron tres estratos en los acahuales de las regiones ecogeográficas: bajo (2-10 m), medio (11-20 m) y alto (21-38 m). La distribución de los individuos fue mayor en el estrato bajo, conforme aumentaba la altura el número de individuos disminuyo en los demás estratos, esto coincide con Godínez-Ibarra y López-Mata (2002), Zamora (2008) y Zarco (2010). (Figura 2). En cuanto al diámetro de los individuos, se concentro en los diámetros pequeños, los cuales disminuyeron en las clases intermedias y decayó aún más en los individuos de diámetros más grandes.

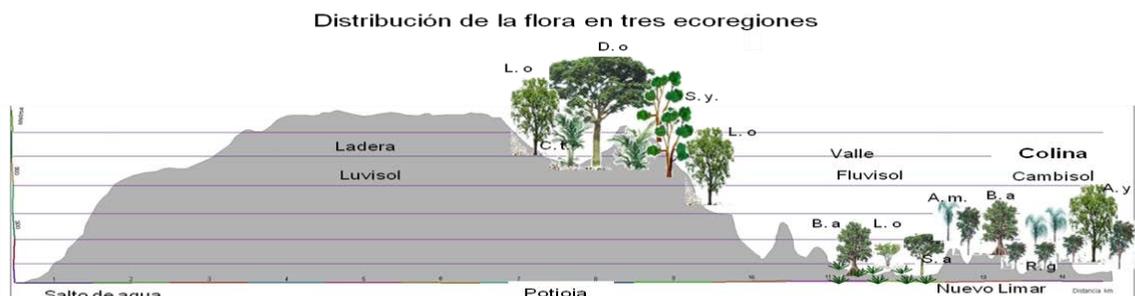


Figura 1. Perfil diagramático de vegetación en las tres regiones. S. y. = *Saurauia yasicae*, L. o. = *Lonchocarpus oliganthus*, D. o. = *Dendropanax arboreus*, C. t. = *Chamaedorea tepejilote*, B. a. = *Brosimum alicastrum*, S. a. = *Swartzia arborescens*, A. m. = *Astrocaryum mexicanum*, R. g. = *Rinorea guatemalensis*, A. y. = *Aleis yucatanensis*.

El tipo de suelo fue diferente en las tres regiones: Fluvisol en el valle formados por sedimentos aluviales depositados por ríos, son profundos; Cambisol en la colina formadas por rocas calizas y areniscas, son someros y pedregosos; y Luvisol en la ladera inclinada, siendo someros, pedregosos y arcillosos, Sommer-Cervantes *et al.*, (2003) y López-Galindo *et al.* (2003) encontraron que el tipo de suelo cambia a lo largo de la pendiente y así como en la vegetación. Las propiedades físicas y químicas indican que los suelos son diferentes en las regiones, siendo el pH medianamente alcalino en el valle y la colina, neutro en la ladera inclinada. Los suelos más fértiles corresponden a las Laderas por presentar mayor cantidad de materia orgánica (MO), CIC, N y K, los cuales son indicadores de altos contenidos de nutrientes, mientras que la colina mostraron niveles intermedios de MO y nutrientes, pero los mayores de P, indicando que el suelo está en proceso de recuperación y los Valles tienen los suelos con menor contenido de MO y nutrientes debido a la perturbación por la ganadería. Stephen, (2002) y Campo-Alves (2003), encontraron que la disponibilidad de nutrientes en el suelo varió considerablemente con la altitud, siendo mayor en las partes bajas y conforme aumentó la pendiente disminuyó la cantidad de nutrientes, caso contrario al presente estudio donde la disponibilidad de nutrientes fue incrementándose conforme aumento la pendiente, lo que indica que la vegetación mas conservada (en este caso la ladera inclinada) influye en la fertilidad de suelo.

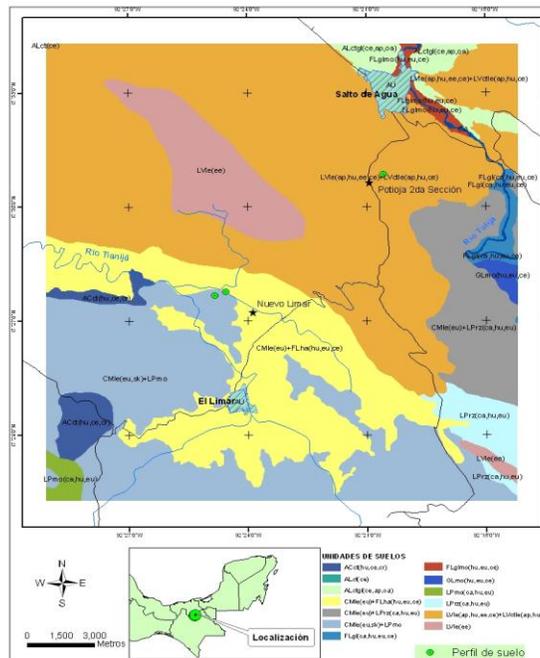


Figura 2. Tipos de suelo presentes en las regiones ecogeográficas de la Sierra Norte de Chiapas.

Conclusión

La riqueza de especies de los acahuales fue diferente en las regiones ecogeográficas de valle, colina y ladera inclinada, en la Sierra Norte de Chiapas. Así mismo, el tipo de suelo fue diferente en las tres regiones, siendo el Luvisol de la ladera el más rico en materia orgánica y nutrientes, por su asociación con el acahual más viejo y mejor conservado.

Literatura citada

Cuanalo de la C. H. 1990. Manual para la descripción de suelos en el campo. México. Colegio de postgraduados.

- Diario Oficial. 2002. NOM-021-RECNAT-2000 Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SERMANAT). 75 p.
- Levy T. S. I., Durán F. A., Sánchez C. D. 2002. Contribución al conocimiento de la flora útil de la selva Lacandona”, conservación intencional México AC.
- Maldonado-Sánchez E. A y Maldonado-Mares F. 2010. Estructura y diversidad arbórea de una selva alta perennifolia en Tacotalpa, Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Universidad y Ciencia, vol. 26, núm. 3, diciembre, 2010, pp. 235-245.
- Meave del castillo J. 1990. Estructura y composición de la selva alta perennifolia de los alrededores de Bonampak. Colección Científica, serie Arqueología, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, D.F. 147 p.
- Pérez A, Sousa M, Hanan AM, Chiang F, Tenorio P (2005) Vegetación terrestre. Cap. 4: 65-110 En: Bueno J, Álvarez F, y Santiago S (Eds.) Biodiversidad del Estado de Tabasco, 386 p. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México, D.F. pp 65- 143.
- Quadri T., S. A. García D. H. Rangel.,V. R. Zambrano. 2002. Bosques y biodiversidad en riesgo: vulnerabilidad en áreas estratégicas y nuevos instrumentos de conservación. Pronatura México.1ª edición.261 p.
- Valle J. A. 2000. Análisis estructural de una hectárea de selva alta perennifolia en el monumento natural Yaxchilán (Chiapas), México. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 99 p.
- Villavicencio-Enríquez I, Valdez-Hernández JI (2003) Análisis de la estructura arbórea del sistema agroforestal rusticano de café en San Miguel, Veracruz, México. Agrociencia 37(4): 413-423.
- Zarco-Espinoza, V., J. I. Váldez Hernández, G. Ángeles-Pérez y O. Castillo-Acosta. 2010. Estructura y diversidad de la vegetación arbórea en el Parque Estatal Agua Blanca, Macuspana, Tabasco. Universidad y Ciencia 26 (1): 1-17

ESTUDIO DE LA COMPACTACIÓN DE UN SUELO VERTISOL MEDIANTE EL MÉTODO DE ENSAYO DE RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN

Vaca-García, Víctor Manuel¹, Gutiérrez-Rodríguez, Francisco¹, Domínguez-López, Aurelio¹, González-Huerta, Andrés¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. E-mail: vic.charger@gmail.com

Resumen

En la actualidad, se requiere de mayor número de métodos de laboratorio que reflejen con fiabilidad la respuesta del suelo a la compactación, además de minimizar el efecto del muestreo destructivo en campo. Se han elaborado pocos estudios en México sobre el impacto que ocasiona el tráfico de tractores y maquinaria agrícola en la compactación del suelo, particularmente Vertisol, característico de la zona productora de maíz del Valle de Toluca, por lo que este trabajo se planteó como objetivo, evaluar los cambios en la compactación del suelo en laboratorio, mediante el método de ensayo de resistencia a la penetración, así como en las propiedades físicas de adhesividad y cohesividad, en sistemas de labranza cero, mínima y tradicional. Se tomaron muestras en la huella del neumático del tractor, con tres repeticiones para cada nivel de profundidad. La resistencia a la penetración, adhesividad y cohesividad del suelo, fueron evaluadas con un analizador de textura TAX-T2. Para la resistencia a la penetración, las muestras fueron sometidas a un ciclo de compresión uniaxial; la adhesividad y cohesividad se determinaron mediante una prueba de perfil de textura. La labranza mínima reportó valores más altos de resistencia a la penetración que el sistema tradicional debido a que el multirado produce una menor fragmentación del suelo que el arado de discos. El perfil de textura mostró valores superiores de cohesividad para la labranza tradicional. Las pruebas con el analizador de textura fueron suficientemente sensibles para detectar diferencias en las propiedades físicas de los diferentes sistemas de labranza.

Palabras clave: *Analizador de textura, adhesividad, cohesividad.*

Abstract

Soil compaction is one of the major problems facing modern agriculture. Actually, laboratory measurements that can imitate field conditions and that are sensitive, reliable and appropriate to monitor changes in compaction and other physical soil properties, while reducing field destructive sampling are needed. The impact of trafficking by wheeled farm machines in soil compaction, particularly in Vertisol soil, which is characteristic of the corn producer area of Toluca Valley, has been little documented in Mexico. The present research had as objective to evaluate the changes in soil compaction, at superficial and subsoil levels, using the penetration resistance test, and physical soil properties, such as adhesiveness and cohesiveness of three tillage systems: zero, minimal and traditional. The samples were taken in the tractor's wheel-track, with three repetitions for each depth level. Penetration resistance, adhesiveness and cohesiveness were measured with a texture analyzer TAX-T2. A single uni-axial compression test cycle was used for penetration resistance; adhesiveness and cohesiveness were measured using texture profile analysis. Minimal tillage reported higher penetration resistance values than traditional tillage because multiplough equipment produces less soil fragmentation than the disc plough equipment. Texture profile analysis showed higher cohesiveness values for traditional tillage. Tests using the texture analyzer equipment were sensible enough to detect differences in soil physical properties of different tillage systems.

Keywords: *Texture analyzer, adhesiveness, cohesiveness.*

Introducción

La compactación del suelo es uno de los mayores problemas que enfrenta la agricultura moderna. Se define como el aumento en la densidad aparente debido a un proceso de reestructuración de las partículas del suelo, que disminuye el espacio poroso e incrementa el contacto entre ellas (Soil Science Society of America, 1996; Hamza y Anderson, 2005). El uso excesivo de maquinaria, el cultivo intensivo, cortas

rotaciones del cultivo, el pastoreo intensivo y un manejo inapropiado del suelo traen como resultado la compactación. Esta ocurre en un amplio rango de climas y suelos. Es exacerbada por un bajo contenido de materia orgánica del suelo y la utilización de labranza o pastoreo cuando el suelo tiene un alto contenido de humedad. La compactación incrementa la dureza del suelo y disminuye su fertilidad física al minimizar el almacenamiento y suministro de agua y nutrientes, lo que ocasiona requerimientos adicionales de fertilización y un mayor costo de producción. Ocurre entonces una secuencia perjudicial de crecimiento reducido de la planta, que origina menores entradas de materia orgánica fresca al suelo, un reducido reciclaje de nutrientes y mineralización, menor actividad de microorganismos y un mayor uso y desgaste de la maquinaria de cultivo (Hamza y Anderson, 2005). El tráfico rodado de maquinaria es común en la mayoría de las operaciones agrícolas de labranza, cosecha y aplicación de agroquímicos. La compactación ocasionada por el tránsito rodado se caracteriza por un decremento en la porosidad del suelo localizada bajo la rueda y por la formación de raíces en la superficie (Tullberg, 1990; Hamza y Anderson, 2005). Se estima que alrededor de 30% del área del suelo tiene tráfico de los neumáticos de maquinaria pesada, incluso en sistemas genuinos de cero labranza (un solo pase en la siembra) (Tullberg, 1990). Bajo labranza mínima (2-3 pasadas) el porcentaje puede exceder 60% y en labranza tradicional (múltiples pases) excede 100% durante un ciclo de cultivo (Soane *et al.*, 1982).

Los efectos de la compactación del suelo en los cultivos y en las propiedades del suelo son complejos (Batey, 1990) y, debido a que el estado de la compactación es un importante atributo estructural del suelo, se hace necesario encontrar un parámetro para su caracterización, tal como la densidad aparente (DA), que proporciona valores comparables directamente para todos los suelos (Håkansson y Lipiec, 2000). Ya que la densidad aparente corresponde a la masa de suelo seco por unidad de volumen, la relación entre la compactación del suelo y su capacidad de almacenar y transportar agua y aire resulta obvia. Es por esto que la densidad aparente es el parámetro usado con mayor frecuencia para caracterizar el estado de la compactación del suelo (Panayiotopoulos *et al.*, 1994). Además de la DA , la dureza del suelo es una medición alterna comúnmente usada para medir la compactación (Canarache, 1991). Esta medición emplea un penetrómetro de cono como instrumento estándar para determinar la resistencia de un suelo a la penetración (Mulqueen *et al.*, 1977; Ortiz-Cañavate y Hernanz, 1989; Bengough y Mullins, 1990). El penetrómetro de cono determina un índice de la dureza del suelo, conocido como índice de cono (IC), que se define como la fuerza por unidad de área base de cono requerida para empujar el instrumento a través de un pequeño incremento específico de profundidad (ASABE, 2008). Diversos investigadores (Canarache, 1991; Lowery y Schuler, 1994; Ngunjiri y Siemens, 1995) han documentado los incrementos en IC que ocurren con los incrementos en la compactación y la DA .

Cuantificar la compactación del suelo requiere con frecuencia de un muestreo destructivo, por lo que la medición directa muchas veces se considera impráctica. Recientemente, se ha simulado en laboratorio la respuesta del suelo al tráfico de maquinaria usando pruebas de compresión uniaxial (Dawidowski y Lerink, 1990; O'Sullivan, 1992). En éste tipo de pruebas, la compresión generada por el confinamiento de la muestra no puede ser controlada o medida. Koolen (1987), sostiene que este aspecto no es de particular importancia, debido a que el proceso de compactación está gobernado esencialmente por la compresión normal aplicada por los elementos de soporte de la maquinaria agrícola, más que por la compresión por confinamiento de las partículas en el suelo. En la actualidad, se requiere de mayor número de métodos de laboratorio que reflejen con mayor fiabilidad la respuesta del suelo a la compactación, tales métodos deben, imitando el comportamiento del suelo y la maquinaria, resultar sensibles, confiables y apropiados para monitorear los cambios en la compactación del suelo y demás variables de interés durante los ciclos de cultivo, además de minimizar el efecto del muestreo destructivo en campo. Se han elaborado pocos estudios en México sobre el impacto que ocasiona el tráfico de tractores y maquinaria agrícola en la compactación del suelo, particularmente Vertisol, característico de la zona productora de maíz del Valle de Toluca-Atzacamal, en la que predomina el sistema de labranza convencional, por lo que este trabajo se planteó como objetivo, evaluar con equipo analizador de textura, los cambios en la compactación del suelo mediante el método de ensayo de resistencia a la penetración, así como las propiedades físicas de adhesividad y cohesividad, en tres sistemas de labranza.

Materiales y Métodos

El estudio fue desarrollado en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, ubicado en el municipio de Toluca, Estado de México, México (19°24'43"N, 99°41'40"O, 2609 msnm) durante abril de 2011. El suelo fue clasificado como Entic Pelluderts (Vertisol), con un contenido de materia orgánica superficial de 1.2%. Se establecieron y compararon tres sistemas de labranza: (1) labranza cero, un pase para siembra y fertilización; (2) labranza mínima, cinco pases, uno de multiarado, tres de rastra y uno de siembra y; (3) labranza tradicional, múltiples pases con arado de disco, rastra, siembra, fertilización y una escarda. Para cada sistema, se obtuvieron muestras de suelo del horizonte superficial (0-15 cm) y subsuperficial (15-30 cm) mediante un equipo de muestreo Soil Core Sampler (2" x 6", modelo Signature Series, AMS, USA). La toma de muestras se efectuó en la huella del neumático del tractor, con tres repeticiones para cada nivel de profundidad. El contenido de humedad de las muestras se determinó por gravimetría, de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000, 2002). La resistencia a la penetración, adhesividad y cohesividad del suelo, fueron medidas con un analizador de textura TAX-T2 (Stable Micro Systems, Londres, Inglaterra), con celda de carga de 25 kg. Para la resistencia a la penetración, el dispositivo utilizado como sonda fue un desarmador tipo Phillips ® de 6,3 mm de diámetro y 150 mm de longitud de barra, con una velocidad de ensayo de 7 mm·s⁻¹. Las muestras fueron sometidas a un ciclo de compresión de 50 mm sin tiempo de espera, expresando los resultados en newtons (N). Se determinó la adhesividad y cohesividad del suelo a 15 mm de profundidad, mediante una prueba de perfil de textura (TPA), empleando una sonda cilíndrica de acrílico de 12.7 mm de diámetro, con una velocidad del cabezal de 7 mm·s⁻¹. Las muestras fueron sometidas a dos ciclos de compresión, sin tiempo de espera, con una deformación de 2 mm con relación a la altura original, expresándose los resultados en N. El diseño experimental empleado para el arreglo de los tratamientos fue de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los datos fueron estadísticamente analizados por análisis de varianza (ANOVA), empleando el programa SAS (Statistical Analysis System, USA).

Resultados y Discusión

En las Figuras 1 y 2, se muestran las curvas de resistencia a la penetración para los horizontes superficial y subsuperficial respectivamente, de sistemas de labranza cero (LC), mínima (LM) y tradicional (LT). Con niveles de humedad similares (33 ± 2%) para los tres sistemas a nivel superficial (0-15 cm), los valores de resistencia respondieron a la presión ejercida por los pases del tractor, siendo la preparación del suelo con multiarado, la que originó valores más altos de resistencia que el sistema tradicional. Esto puede explicarse debido a que el multiarado produce una menor fragmentación del suelo que el arado de discos. En la Figura 2, puede apreciarse que en el subsuelo (15-30 cm), con niveles superiores de humedad (45 ± 5%), los valores son similares para los tres sistemas. Esto confirma lo observado por Botta *et al.*, (2008) en el sentido de que la presión ejercida por los pases del tractor producen un mayor incremento del *IC* en la superficie que en el subsuelo. En la Figura 3, se muestran las curvas de perfil de textura con 2 mm de deformación respecto a la altura inicial (1.3% de deformación relativa aparente). La forma de las curvas revela que la estructura del suelo es similar para los tres sistemas, con valores superiores de cohesividad para la labranza tradicional. El número de pases de la labranza tradicional y el nivel de humedad podrían explicar estos valores comparativamente altos de unión entre las partículas del suelo. Con niveles de humedad cercanos al 50% para esta prueba, ningún sistema presentó valores de adhesividad significativos. El análisis estadístico de las distintas variables no mostró diferencias entre tratamientos, indicativo de la homogeneidad de las propiedades físicas de las distintas muestras.

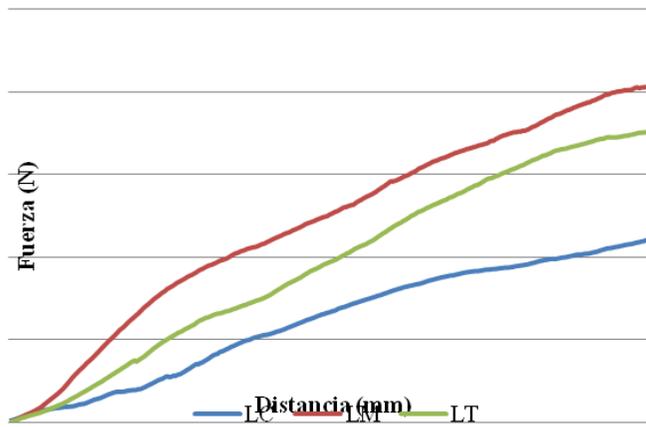


Figura 1. Curvas de resistencia a la penetración para diferentes sistemas de labranza a nivel superficial.

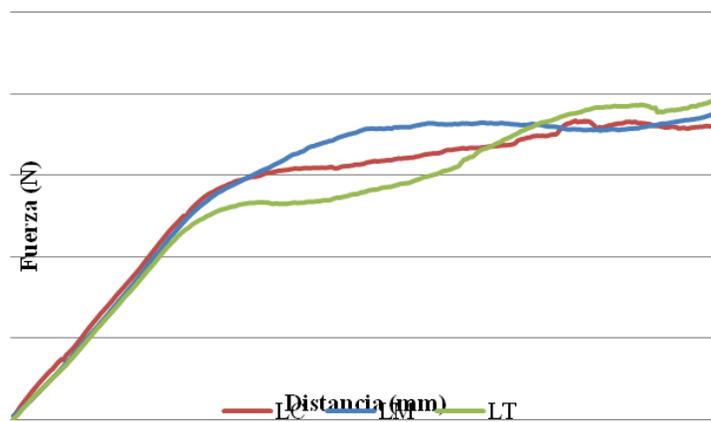


Figura 2. Curvas de resistencia a la penetración para diferentes sistemas de labranza en el subsuelo.

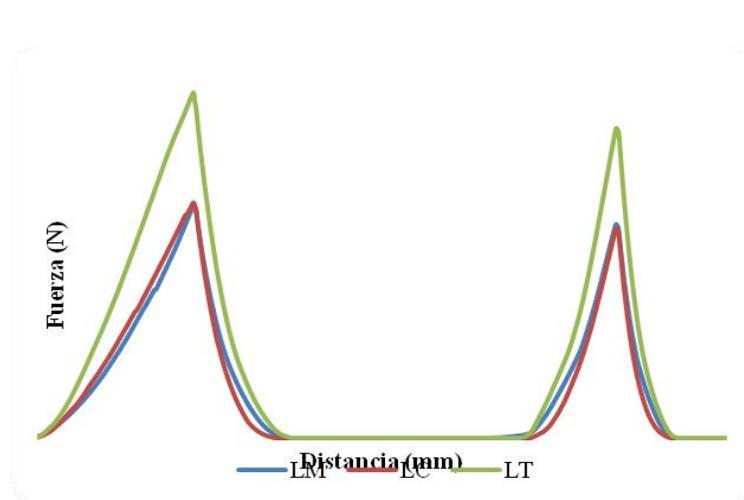


Figura 3. Curvas de perfil de textura para diferentes sistemas de labranza.

Conclusiones

Con las condiciones experimentales propuestas, puede concluirse que la presión ejercida por el número de pases de tráfico rodado produce diferencias en los niveles de compactación a nivel superficial, y de cohesividad a nivel subsuperficial, del suelo Vertisol. El empleo del multiarado para la preparación del suelo en labranza mínima, produce diferencias en la resistencia a la penetración con respecto al empleo del arado de discos en labranza tradicional. Finalmente, los métodos de ensayo para evaluar la resistencia a la penetración, cohesión y adhesividad en el analizador de textura, fueron lo suficientemente sensibles para detectar diferencias en las propiedades físicas del suelo de los diferentes sistemas de labranza.

Literatura citada

- ASABE. 2008. Standard S313.3: Soil Cone Penetrometer. ASABE, St. Joseph, MI.
- Batey, T. 1990. Control of compaction on the farm. A personal view. *Soil Technol.* 3: 225-229.
- Bengough, A.G., Mullins, C.E. 1990. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. *J. Soil Sci.* 41: 341-358.
- Canarache, A. 1991. Factors and indices regarding excessive compactness of agricultural soils. *Soil & Till. Res.* 19: 45-164.
- Dawidowski, J.B., Lerink, P. 1990. Laboratory simulation of the effects of traffic during seedbed preparation on soil physical properties using a quick uni-axial compression test. *Soil & Till. Res.* 17: 31-45.
- Håkansson, I., Lipiec, J. 2000. A review of the usefulness of relative bulk density values in studies of soil structure and compaction. *Soil & Till. Res.* 53: 71-85.
- Hamza, M.A., Anderson, W.K. 2005. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature, causes, and possible solutions. *Soil & Till. Res.* 82: 121-145.
- Koolen, A.J. 1987. Deformation and compaction of elemental soil volumes and effects on mechanical soil properties. *Soil & Till. Res.* 10: 5-19.
- Lowery, B., Schuler, R.T. 1994. Duration and effects of compaction on soil plant growth in Wisconsin. *Soil & Till. Res.* 29: 205-210.
- Mulqueen, J., Stafford, J.V., Tanner, D.W. 1977. Evaluation of penetrometers for measuring soil strength. *J. Terramech.* 14: 137-151.
- Ngunjiri, G.M.N., Siemsen, J.C. 1995. Wheel traffic effects on corn growth. *Trans. ASAE* 38: 691-699.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. 2002. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. (En línea). Disponible en:
<http://www.semarnat.gob.mx/leyesy normas/normas/Normas%20Oficiales%20Mexicanas%20vigentes/NOM-021-REC NAT-2000.pdf> (Revisado el 09 de agosto de 2011).
- O'Sullivan, M.F. 1992. Uniaxial compaction effects on soil physical properties in relation to soil type and cultivations. *Soil & Till. Res.* 24: 257-269.
- Ortiz-Cañavate, J., Hernanz, J.L. 1989. Técnica de la mecanización agraria. 3ª ed. Mundi-Prensa, Bilbao, España. p. 152-154.
- Panayiotopoulos, K.P., Papadopoulou, C.P., Hatjiioannidou, A. 1994. Compaction and penetration resistance of an Alfisol and Entisol and their influence on root growth of maize seedlings. *Soil & Till. Res.* 31: 323-337.
- Soane, B.D., Dickson, J.W., Campbell, D.J. 1982. Compaction by agricultural vehicles: a review. III. Incidence and control of compaction in crop production. *Soil & Till. Res.* 2: 3-36.
- Soil Science Society of America. 1996. Glossary of Soil Science Terms. Madison, WI, USA.
- Tullberg, J.N. 1990. Proceedings of Queensland Department of Primary Industries Soil Compaction Workshop. Toowoomba, Australia. 28: 13-25.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE RESIDUOS COMPOSTADOS

López Clemente Xicoténcatl Arturo¹, Robles Pérez Celerino¹, Velasco Velasco Vicente Arturo²

¹Centro de Investigación Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Oaxaca. Hornos 1003. Col. Noche Buena, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca Tel 951 51 706 10.²Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca.(ITVO). Nazareno Xoxocotlán, Oaxaca. Tel. 951 51 707 88. Autor responsable:xicolopez15@hotmail.com

Resumen

Con la finalidad de evaluar las características físicas de residuos agrícolas compostados, se realizó el presente estudio durante 180 días. Se elaboraron compostas a partir de bagazo de caña, paja de trigo y cáscara de naranja. De estos materiales se determinó la granulometría de las partículas, el índice granulométrico, la curva de retención de humedad, la densidad real y aparente. Se utilizó el diseño completamente al azar. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) para cada una de las variables de estudio. Bagazo de caña y paja de trigo por sus características físicas fueron los mejores materiales para usarlos como sustratos. Cáscara de naranja mostró la mayor acumulación de partículas gruesas y el porcentaje de agua fácilmente disponible, por lo cual no se consideró apropiado para su uso como sustrato.

Palabras claves: *composta, densidad aparente, sustratos.*

Abstract

With the purpose of evaluating the physical characteristics of composted agricultural waste, the present study was conducted for 180 days. Compost is produced from sugarcane bagasse, wheat straw and orange peel. Of these materials was determined particle size distribution, particle size index, the moisture retention curve, the real and apparent density. The design was completely random. Analysis of variance showed significant differences ($\alpha \leq 0.05$) for each of the variables studied. Cane bagasse and wheat straw by their physical characteristics were the best materials for use as substrates. Orange peel showed the highest accumulation of coarse particles and the percentage of water readily available, which was not considered appropriate for use as a substrate.

Key Words: *bulk density, compost, substrates.*

Introducción

El uso de subproductos de origen vegetal y desechos agrícolas se ha incrementado de manera exponencial en las últimas décadas en nuestro país, depositándose en vertederos o incinerándose para transformarse en gases de efecto invernadero como metano, dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre. La composta es una alternativa para disminuir peso y volumen de desechos orgánicos para la producción de sustratos en la agricultura, mediante la biodegradación natural de la materia orgánica. Los microorganismos termófilos, aeróbicos convierten materiales orgánicos en un producto bioestable (Mohee y Mudhoo, 2005). Estos microorganismos deben estar provistos de nutrientes, agua y oxígeno para desarrollarse.

El uso creciente de estiércoles y residuos agroindustriales hacen necesario el estudio de sus características físicas, químicas y biológicas, tanto de manera específica como de sus mezclas, ya que pueden diferir en su transformación durante el proceso de compostaje y en su valor agrícola (Benito *et al.*, 2006). Las compostas preparadas a partir de residuos orgánicos tienen aplicaciones útiles en la horticultura como sustrato (Ravivet *et al.* 1998 y 2005)

La composta preparada a partir de diferentes residuos orgánicos difiere en su calidad y estabilidad, que además depende de la composición de la materia prima utilizada para la producción final de la composta (Ranalli *et al.*, 2001).

Varios parámetros se han utilizado para evaluar la calidad y madurez de las compostas que incluyen la relación C:N, capacidad de intercambio catiónico, contenido de humus, y la evolución del dióxido de

carbono (Huanget *al.*, 2001 y Wu y Ma, 2002), fitotoxicidad de la composta (Zuconietal., 1981), contenido de humedad, densidad aparente, porosidad, las tasas de aireación, la estructura, el espacio aéreo libre y ciertas propiedades térmicas (Mohee y Mudhoo, 2005)

En este estudio se determinaron las características físicas de residuos de bagazo de caña, paja de trigo y cáscara de naranja una vez finalizado el compostaje.

Materiales y Métodos

El trabajo de campo se llevó a cabo en las instalaciones del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) unidad Oaxaca, del Instituto Politécnico Nacional (IPN), localizado en el municipio de Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Los análisis químicos se realizaron en el laboratorio de Química de Suelos del mismo centro de investigación.

En la elaboración de las compostas, se utilizaron residuos de bagazo de caña (*Saccharum officinarum*), cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) y paja de trigo (*Triticum* sp). El proceso de compostaje se efectuó en el periodo otoño-invierno durante 180 días. Este se realizó en un sistema abierto, en camas de mampostería de 3.0 m de largo, 1.0 m de ancho y 0.4 m de altura, con pendiente del 5%. Las camas se cubrieron con una película plástica para disminuir la evaporación del agua y la volatilización del nitrógeno, y a 2.0 m de altura se colocó una malla al 50% de sombreado.

De cada material compostado se tomaron muestra en cinco puntos al azar para hacer un total de 2.0 L al finalizar el compostaje, a cada material se le determinó:

Tamaño de partículas: se colocaron 100 g de material en un agitador electromagnético (modelo Ro-Tap) a la mayor intensidad (1750 rpm) durante 10 minutos. Se utilizaron tamices de 200 mm de diámetro y con dimensión de 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 3.36, 4.76 y 6.36 mm, para separar los agregados (Martínez, 1993)

Índice granulométrico (IG), se expresó como el porcentaje acumulado en peso de todas las partículas con diámetro mayor de 1 mm. (Abad et al., 1993)

La caracterización hidrofísica de los materiales se efectuó empleando la metodología descrita por De Boodt y Verdonck (1974), donde se determinó agua fácilmente disponible, que corresponde al porcentaje de agua liberada del material entre succiones de 10 y 50 cm de columna de agua (c.c.a); agua de reserva, la que se libera entre las succiones de 50 y 100 c.c.a; agua difícilmente disponible, que corresponde al porcentaje de agua retenida a tensiones superiores a 100 c.c.a.

Capacidad de aireación, que corresponde al volumen del material a una succión de 10 c.c.a. A partir de la curva de liberación de agua se determinaron los contenidos de agua y espacio poroso De Boodt y Verdonck (1974).

La densidad aparente de los materiales se determinó como la masa de un material sólido por unidad de volumen, es decir incluido el espacio poroso de las partículas. La densidad real se calculó entre masa del material sólido seco y el volumen real excluyendo el espacio poroso (Fernández, *et al.*, 2006).

Las compostas se establecieron en un diseño en bloque al azar para determinar las características físicas de los materiales. Los datos se analizaron en el programa NCSS ver 2004 (Number Cruncher Statistical System) demo en internet.

Resultados y Discusión

Granulometría

La granulometría de un sustrato es importante porque determina el espacio del poro, densidad aparente, el aire y capacidad de retención de agua. El análisis de varianza mostró diferencias significativas (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) para el análisis granulométrico. La distribución de las partículas mostró que la fracción comprendida entre 1.0 y 3.36 mm fue el más abundante para los tratamientos paja de trigo y bagazo de caña (Cuadro 1), seguido de la fracción fina ($< 0.25 - 0.5$ mm). Benito (2006) indica que las compostas con residuos de paja presentaron una textura media, lo que equivale a una distribución del tamaño de partícula entre 2.0 y 4.0 mm, que permite una buena retención y disponibilidad de agua y un contenido de aire adecuada. Por otra parte, Handreck (1983) menciona que el tamaño de partícula entre 0.1 y 0.25 mm, tiene mayor influencia en la porosidad y retención de agua. Cuanto más fino sea el material, mayor es la

disponibilidad del agua por unidad de volumen para la planta. Una reducción del tamaño de partícula lleva a una disminución de la capacidad de aire (Gruda, 2004).

A medida que avanza el compostaje aeróbico, el tamaño de partícula se fracciona, reduciéndose debido a la descomposición de las partículas más grandes y a los procesos de descomposición microbianos. Al incrementarse la descomposición aeróbica de los materiales orgánicos, aumenta el contenido de partículas y disminuyen los sólidos volátiles (Ravivet *et al.*, 1998 y Tarreet *et al.*, 1987).

La composta de cáscara de naranja mostró significativamente (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) el mayor índice granulométrico (92.81%), lo que implica una excesiva aireación y una baja retención de humedad.

Cuadro 1. Análisis granulométrico e índice de grosor (IG) para materiales compostados.

Materiales	Diámetro de partícula (mm)								IG (%)
	< 0.25	0.25 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	2.0 – 3.36	3.36–4.76	4.76–6.36	> 6.36	
	% en peso								
Paja de Trigo	12.79a	2.49 b	37.38 a	23.89 a	15.97 a	3.58 b	0.69 c	3.59 b	23.83 a
Bagazo de Caña	9.99 b	4.46 a	35.20 b	12.21 b	17.17 a	13.64 a	2.44 b	5.26 b	38.51b
Cáscara de Naranja	1.09 c	0.10 c	2.85 c	3.07 c	8.16 b	13.53 a	6.21 a	64.91a	92.81 c
DMS	0.963	0.399	0.345	1.190	1.239	1.577	0.334	1.796	1.205

Densidad aparente

La composta de cáscara de naranja mostró significativamente (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) la mayor densidad real y aparente (1.52 y 0.29 respectivamente) (Cuadro 2). La densidad aparente tiene un papel importante en la manipulación y traslado de sustratos y en las propiedades mecánicas como la porosidad, la fuerza y compactibilidad (Mohee y Mudhoo, 2005). También está relacionada con el contenido de humedad y el contenido de mineralización de las compostas, además sirve de anclaje de las plantas, esto es, mientras más altas mayor densidad deberá tener el sustrato.

Disponibilidad de agua

En todos los tratamientos, el porcentaje de agua fácilmente disponible estuvo sobre el nivel óptimo (De Boodt y Verdonck, 1974; Abad *et al* 1993). Piere y Pereira (2003) con sustratos de bagazo de caña y fibra de coco obtuvieron el 45 y 65 % de agua en materiales después de ser compostados. Estos materiales tienen una alta capacidad de retención de agua, debido a su alta porosidad y porque sus poros son pequeños (Bunt, 1988). Un alto porcentaje de agua disponible provoca una disminución en el número de poros que influyen considerablemente en la aireación del sustrato, por lo tanto, una reducción en su proporción dará lugar a un deterioro del aire en la zona radical (Gruda, 2004).

Las compostas de bagazo de caña y paja de trigo mostraron significativamente (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) la mayor capacidad de aireación (47 y 41 % respectivamente). Valor por encima del establecido (20 - 30) en sustratos de cáscara de arroz y bagazo de caña tienen una aireación de 68 y 47% (Piere y Pereira, 2003). Un alto volumen de aireación, favorece el libre drenaje, disminuyendo la capacidad de retención de agua lo cual evita problemas en el manejo del cultivo, evitando riegos frecuentes.

Un sustrato ideal debe tener un espacio poroso total mayor a 85%. En las compostas de paja de trigo y bagazo de caña mostraron significativamente (Tukey, $\alpha \leq 0.05$) el mayor espacio poroso total (96 y 95% respectivamente), en sustratos de cáscara de arroz y bagazo de caña el espacio poroso fue de 85 y 92% (Piere y Pereira, 2003). El espacio poroso está determinado por la densidad aparente, el tamaño, forma de la partícula y distribución de la partícula sobre la disponibilidad del agua y aire en el sustrato (Ravivet *et al* 1998).

Cuadro 2. Análisis de propiedades físicas de las compostas.

Materiales	Dr	Da	CA	EPT	AFD	ADD
	g cm ⁻³			% en volumen		
Paja de Trigo	1.26 ab	0.06 b	41 a	95 a	44.24 b	24.57 b
Bagazo de caña	1.11 b	0.06 b	47 a	96 a	48.31 a	24.12 b
Cáscara de naranja	1.52 a	0.29a	25 b	83a	60.31 c	54.72 a
DMS	0.3	0.01	10.15	11.57	0.03	0.15
Óptimo	1.4 – 2.6	< 0.4	20 – 30	> 85	20 – 30	25 – 31

Densidad real (Dr), Densidad aparente (Da), Capacidad de aireación (CA), espacio poros total (EPT), agua fácilmente disponible (AFD) y ADD agua difícilmente disponible (ADD).

Conclusiones

El diámetro de partícula media (1.0 – 4.76 mm), la densidad aparente (0.06 g cm⁻³) y espacio poroso total (95%) permiten utilizar a las compostas de bagazo de caña y paja de trigo como materiales alternativos para usarlos como sustrato.

Literatura Citada

- Abad M, P. F. Martínez., M. D. Martínez, y J. Martínez. 1993. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. *Actas Hort.* 11 141-154.
- Benito M., A. Masaguer, R. De Antonio and A. Moliner. 2006. Chemical and physical properties of pruning waste compost and their seasonal variability. *Bioresource Technology* 97 2071–2076
- Bunt A. C. 1988. *Media and Mixes for Container-Grown Plants.* (second ed.), Unwin Hyman Ltd., London, UK.
- De Boodt, M., O. Verdonck and I. Cappaert. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37, 2054–2062.
- Fernández, C., J. E. Cora and L. T. Braz. 2006. Desempenho de sustratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. *Hortic. Bras.*, v 20. Pág. 559, 560. Jaboticabal, São Paulo State, Brazil
- Gruda, N. W and H. Schnitzler. 2004. Suitability of wood fiber substrate for production of vegetable transplants. *Scientia Horticulturae*. 100 309–322
- Handreck K.A. 1983. Particle size and the physical properties of growing media for containers. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 14 209–222.
- Huang, G.F., M. Fang., Q. T. Wu., L. X. Zhou., X.D. Liao. and J.W.C. Wong. 2001. Co-composting of pig manure with leaves. *Environ. Technol.* 22 1203–1212.
- Martínez F. X., 1993. Propuesta de metodología para la determinación de las propiedades físicas de los sustratos. *Actas Hort.* 11:55-66.
- Mohee R. and A. Mudhoo. 2005. Analysis of the physical properties of an in-vessel composting matrix. *Powder Technology*. 155 92–99
- Pire R y Pereira A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado de Lara, Venezuela, Propuesta metodológica. *Bioagro*. 15 55-63.
- Raviv, M., Y. Oka., J. Katan., Y. Hadar., A. Yoge., S. Medina., A. Krasnovsky., and H. Ziadna. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-grown crops. *Bioresource Technology*. 96 419–427.
- Raviv, R., B.-Z. Zaidman and Y. Kapulnik. 1998. The use of compost as a peat substitute for organic vegetable transplants production. *Compost Sci. Util.*, 1 46–52.
- Ranalli G., G. Botturea, P. Taddei, M. Garavni, R. Marchetti and G. Sorlini. 2001. Composting of solid and sludge residues from agricultural and food industries. Bioindicators of monitoring and compost maturing. *J. Environ. Sci. Health*, 36 415–436.
- Tarre S., M. Raviv and G. Shelef. 1987. Composting of fibrous solids from cow manure and anaerobically digested manure. *Biol. Waste*, 19 299–308
- Wu, L.K. and L. Q. Ma. 2002. Relationship between compost stability and extractable organic carbon. *J. Environ. Qual.* 31 1323–1328.
- Zuconi F., A. Pera., M. Forte y M De Bertoldo. 1981. Evaluation toxicity of immature compost. *Biocycle* 22:54-57

EFFECTO DE *Prosopis laevigata* Y *Mimosa biuncifera* SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE MATORRALES XERÓFILOS DEL VALLE DEL MEZQUITAL, HIDALGO, MÉXICO

García-Sánchez R^{1,2}., García-Moya E²., Romero-Manzanares A²., Luna-Cavazos M²., Montaña NM³ y Camargo-Ricalde SL³.

¹Unidad de Investigación en Ecología Vegetal, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza (FES Zaragoza), Universidad Nacional Autónoma de México. AP. 0 9230, D.F., México. E-mail: rosalvags@unam.mx

²Postgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, C.P. 56230. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

³Departamento de Biología, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. AP. 55-535. D.F., México.

Resumen

En matorrales del Valle del Mezquital los suelos sostienen una cubierta vegetal dominada por *Prosopis laevigata* y *Mimosa biuncifera*, que ejercen un fuerte efecto sobre las propiedades del suelo bajo su dosel. El objetivo fue evaluar el efecto conjunto y por separado de las leguminosas *P. laevigata* y *M. biuncifera* sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los métodos consistieron en colectar y evaluar en suelo bajo y fuera del dosel de ocho plantas de cada especie en tres localidades, se evaluaron las propiedades del suelo de acuerdo a la NOM 2000, la presencia de hongos micorrizógenos arbusculares y la mineralización del carbono orgánico del suelo. Los resultados mostraron que la presencia conjunta de *P. laevigata* y *M. biuncifera* modifican las propiedades del suelo, la materia orgánica, el carbono orgánico, el nitrógeno, fósforo y la mineralización de carbono fueron mayores en el suelo bajo dosel de ambas leguminosas que en el suelo fuera del dosel, las concentraciones de cationes del suelo fueron mayores en el suelo bajo dosel de *M. biuncifera*, bajo dosel de *P. laevigata* se obtuvo mayor actividad biológica. La influencia de *P. laevigata* genera suelos más ricos en recursos que los suelos asociados a *M. biuncifera*. Esto sugiere que cada especie de leguminosa por separado modifica de manera diferente el microambiente, se aplicó un análisis de componentes principales que muestra que la Da, MO y P explican el 90 % de la varianza

Palabras clave: Leguminosas, Actividad biológica, Componentes principales

Abstract

In shrublands of Mezquital Valley soils support a vegetation cover dominated by *Prosopis laevigata* and *Mimosa biuncifera* who have a strong effect on soil properties under their canopy. The objective was to evaluate the combined effect of separate by legumes *P. laevigata* and *M. biuncifera* on physical, chemical and biological soil properties. The methods consisted of collecting and evaluating in soil under and outside the canopy of eight plants of each species in three sites was assessed soil properties according to the NOM 2000, the presence of arbuscular mycorrhizal fungi and soil organic carbon mineralization. The results showed that the joint presence of *P. laevigata* and *M. biuncifera* modify the properties of soil organic matter, organic carbon, nitrogen, phosphorus and potential C mineralization was higher in the canopy of both soil under legumes in the soil outside the canopy, soil cation concentrations were higher in soil under canopy of *M. biuncifera* under canopy of *P. laevigata* greater biological activity was obtained. The influence of *P. laevigata* generates resource-rich soils than soils associated with *M. biuncifera*. This suggests that each species of legume separate differently modifies the microenvironment, applied a principal component analysis show that Da, MO and P account for 90% of variance.

Key words: legumes, biological activity, principal components

Introducción

Las plantas afectan la fertilidad del suelo, debido a las diferencias en sus características, ellas compiten por agua y nutrientes, pero bajo su dosel proporcionan recursos adicionales al incorporar residuos orgánicos frescos que son fuentes de carbono para la actividad microbiana, lo que promueve la formación

de islas de fertilidad (García-Moya y McKell 1970), generalmente nucleadas por especies que suelen ser clave para el ecosistema. Las especies clave influyen en el hábitat de microorganismos, aves, roedores e insectos, cuyo papel es fundamental en procesos como la descomposición de materia orgánica. Estas especies frecuentemente aumentan el suministro de los recursos del suelo y ofrecen microambientes favorables para la microbiota edáfica aumentando la fertilidad del suelo (Maestre *et al.* 2003). *Prosopis* y *Mimosa* actúan como especies clave en los ecosistemas semiáridos del centro de México, algunos estudios han demostrado la mayor acumulación de materia orgánica y nutrientes del suelo bajo el dosel de especies como *P. laevigata* (Reyes-Reyes *et al.* 2002; Montañaño *et al.* 2006), *P. juliflora* (Tiedemann y Klemmedson 1973), en *M. biuncifera* (Herrera-Arreola *et al.* 2007), *M. monancistra* (Flores *et al.* 2007), *M. lacerata*, *M. luisana*, *M. polyantha* y *M. texana* (Camargo-Ricalde *et al.* 2010). Estas especies son formadoras de islas de fertilidad debido al aumento de nutrientes en el suelo bajo sus doseles (García-Moya y McKell 1970, González-Ruiz *et al.* 2008), y de islas de recursos ya que son capaces de modificar los microambientes y son reservorios de esporas de hongos, semillas y microorganismos (Reynolds *et al.* 1999, Camargo-Ricalde y Dhillion 2003). Por ejemplo, los hongos micorrizógenos arbusculares mejoran el estado hídrico de la plantas hospederas que crecen en regiones desérticas y, por tanto, son fundamentales para el establecimiento de plantas. En el Valle del Mezquital, se ha evaluado el efecto de *P. laevigata* sobre la fertilidad del suelo, pero no de *M. biuncifera*. Estas especies son frecuentemente encontradas juntas (coexisten) o separadas (aisladas) en los matorrales xerófilos, formando mosaicos de vegetación, las islas de recursos son sistemas que ofrecen un excelente modelo para estudiar cómo estas leguminosas modifican la fertilidad del suelo del matorral xerófilo. El objetivo de este estudio fue explorar cómo la influencia de ambas leguminosas pueden afectar las propiedades del suelo, en tres comunidades de un ecosistema semiárido del Valle del Mezquital, Hidalgo, México.

Materiales y Métodos

El estudio fue realizado en el Valle del Mezquital, en el Estado de Hidalgo, México. El clima es semiárido, con fuerte influencia del sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental y la Faja volcánica Transmexicana, las que provocan un efecto de sombra de lluvia. La temperatura media anual fue de 24°C, y la precipitación media anual de 550 mm. La lluvia es estacional con siete meses de sequía (INEGI 1987). Se encuentran dos tipos de suelo: Vertisol pélico y Leptosol réndzico, ambos derivan de rocas marinas sedimentarias (González-Quintero 1968). La vegetación es matorral xerófilo (Rzedowski 1978). Se eligieron tres sitios, el criterio de selección fue la presencia de *P. laevigata* y *M. biuncifera*. Los tres sitios tienen el mismo tipo de suelo (Leptosol réndzico) y mismo tipo de vegetación (matorral xerófilo), pero difieren en la especie dominante. El sitio 1 se ubicó en la localidad de Bingu (20° 36'N-99° 06'O), donde *P. laevigata* es la especie dominante. El sitio 2 se sitúa en la localidad de González (20° 24'N-98° 58'O) donde *M. biuncifera* es la especie dominante. El sitio 3 se ubicó en el poblado de Rincón (20°16'N-98° 54'O) en el se encuentran ambas leguminosas.

Para minimizar el efecto asociado al tamaño de *P. laevigata* o *M. biuncifera*, se colectó suelo bajo el dosel de ocho plantas de tamaño similar, en cada especie, en cada sitio, las muestras fueron colectadas a una profundidad de 15 cm, otras muestras de suelo fueron colectadas fuera del dosel, en el área sin cobertura vegetal, condición que se denominó como área abierta. Las muestras fueron tamizadas y analizadas para calcular la densidad aparente (D_a), pH, conductividad eléctrica (CE), textura, materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt), fósforo disponible (PO_4) y cationes extractables (Ca, Mg y K), los métodos empleados fueron los sugeridos por la NOM 2000. Las variables biológicas evaluadas fueron el número de esporas de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA), estas fueron extraídas de 100 g de suelo seco usando la técnica del tamizado en húmedo y centrifugación con sacarosa, la respiración microbiana fue estimada como la tasa de C mineralizado (CO_2) determinado en una cámara de incubación aeróbica, después de cinco días de incubación, el CO_2 fue colectado en una trampa con NaOH, el carbonato fue precipitado con KCl_2 y titulado. Las variables fueron analizadas utilizando un ANDEVA jerárquico, en el cual las variables estuvieron contenidas en la especie (*P. laevigata* y *M. biuncifera*) y el microambiente (suelo bajo dosel de cualquiera de las leguminosas y en área abierta) anidado dentro de los sitios (Bingu, González y Rincón). Cuando las diferencias fueron significativas, se aplicó una prueba de Tukey. Todos

los análisis fueron realizados con el software Statistica 6 y en todos los casos la diferencia fue asumida como significativa al $p \leq 0.05$. Se aplicó un análisis de componentes principales entre sitios y condiciones con el programa NTESYS

Resultados y Discusión

El suelo del sitio 3 donde coexisten las leguminosas, bajo el dosel de *M. biuncifera*, tuvo la Da más alta, en los suelos de los tres sitios la clase textural fue clasificada como limo arenosa. Las arenas predominan en el suelo de sitio 3, mientras que las arcillas dominan en sitio 1. En sitio 3 el suelo bajo el dosel de *P. laevigata* tuvo menor porcentaje de arena y mayor cantidad de limos que las áreas abiertas; mientras que *M. biuncifera* favoreció los limos en el suelo bajo su dosel (Cuadro 1). El pH del suelo varió entre sitios y microambientes. El pH del suelo varió de débilmente ácido a débilmente alcalino, *Prosopis laevigata* mostro un suelo más ácido (pH = 5.53) que el suelo bajo el dosel de *M. biuncifera* (pH = 7.18). A diferencia de la CE, ya que en sitio 3, el suelo bajo el dosel de *P. laevigata* tuvo mayor CE que el suelo bajo dosel de *M. biuncifera* (Cuadro 1). La materia orgánica del suelo (MO) y el carbono orgánico (CO) presentaron concentraciones similares entre sitios y especies. Los sitios 1 y 2 tuvieron mayor MO y CO que el sitio 3. La MO y el CO bajo dosel de *P. laevigata* fue mayor que en el suelo bajo el dosel de *M. biuncifera*. En los tres sitios, la concentración de MO fue más alta bajo el dosel de ambas leguminosas que en áreas abiertas. En contraste, la concentración de CO fue más alta bajo el dosel de *P. laevigata* que en el área abierta en sitio 1 y 3, pero no para *M. biuncifera*. El Nt varió entre sitios y fue influenciado por el microambiente (Cuadro 1). En sitio 3, el suelo bajo el dosel de *P. laevigata* tuvo mayor concentración que el suelo bajo el dosel de *M. biuncifera*; sin embargo, en los sitios donde *P. laevigata* predomina tuvo menor concentración de Nt que *M. biuncifera*, lo que indica que el suelo de sitio 2 tuvo mayor contenido de Nt, en sitio 3 la concentración de Nt fue más alta bajo el dosel de *P. laevigata* que en áreas abiertas. La disponibilidad de P fue más alto en sitio 2 que en sitio 3 y 1. El suelo bajo dosel de *P. laevigata* y de *M. biuncifera* tienen mayor cantidad de P disponible que las áreas sin vegetación. La concentración de Ca y Mg fue más alta en los sitios 1 y 2 que en sitio 3; *P. laevigata* tuvo mayor concentración de ambos cationes bajo su dosel que *M. biuncifera*. Las concentraciones de Ca y Mg fueron bajas bajo el dosel de *P. laevigata* comparadas con el área abierta; la concentración de cationes fue más alta bajo dosel de *M. biuncifera* que en área abierta. En los tres sitios la concentración de K fue mayor bajo el dosel de ambas leguminosas que en las áreas sin vegetación (Cuadro 1). El sitio 3 se tuvo mayor mineralización de C que sitio 2 y 1. El suelo de dosel de *P. laevigata* tuvo menor mineralización de C, que el suelo de dosel de *M. biuncifera*. La abundancia de esporas de HMA fue mayor en sitio 2 que en sitios 1 y 3, y mayor bajo dosel de ambas leguminosas en los tres sitios. *M. biuncifera* tuvo tres veces más esporas que en área abierta (Cuadro 1). En la Fig. 1 se muestra el índice de semejanza entre los sitios y condiciones con base en la presencia de los HMA.

En las comunidades semiáridas la presencia de *P. laevigata* y *M. biuncifera* generan condiciones favorables del suelo bajo sus doseles, debido al enriquecimiento de recursos, por las bajas concentraciones de MO y CO en las áreas abiertas. El suelo bajo el dosel de *P. laevigata* tuvo menor mineralización de C, que el suelo se explican por una alta remoción del material orgánico del suelo debido a la erosión por viento y agua, lo que concuerda con Reynolds *et al.* (1999), quien mencionó que en los ecosistemas áridos y semiáridos, la distribución espacial de los recursos del suelo está ligada a la cobertura vegetal. La generación de microambientes favorables, ricos en materia orgánica y nutrientes del suelo estimulan la actividad microbiana en los sitios con mayor diversidad vegetal (sitio 3), teniendo, como consecuencia, un decremento en MO debido a una gran mineralización de C. Sin embargo, la mineralización de C varía en relación con la identidad de la especie. Las leguminosas en los tres sitios de estudio, modifican el suelo, principalmente las ligadas a los procesos biológicos. Este argumento se apoya en el análisis de componentes principales, este análisis muestra que las propiedades Da, MO y P explican el 90% de la varianza de los recursos del suelo.

Cuadro 1. Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo en diferentes microambientes: bajo el dosel de *Prosopis laevigata* y de *Mimosa biuncifera* y en áreas abiertas en tres matorrales xerófilos del Valle del Mezquital México.

Propiedades	Bingu (sitio1)		González (sitio2)		Rincón (sitio 3)			
	<i>P. laevigata</i>		<i>M. biuncifera</i>		<i>P. laevigata</i>		<i>M. biuncifera</i>	
	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta	bajo dosel	área abierta
Da (g cm ⁻³)	0.94	1.02 (0.13)	0.92 (0.03)	0.98 (0.01)	0.97 (0.04)	1.0 (0.05)	1.10 (0.8)	1.20 (0.6)
Arena (%)	56	54 (3.0)	66 (1.0)	64 (3.0)	60.67 (1.53)	70 (2.0)	64 (1)	70 (2)
Limo (%)	30	32 (2.0)	26 (1.0)	24 (2)	31.33 (2.08)	22 (1.0)	27.67 (1.53)	19.33 (0.58)
Arcilla (%)	14	14 (1.0)	8 (2)	12 (1)	8.0 (1.0)	8 (1.0)	8.33 (2.52)	10.67 (2.08)
pH (H ₂ O 1:2)	5.53	6.23 (0.29)	7.18 (0.08)	7.27 (0.8)	6.74 (0.35)	7.47 (0.40)	7.17 (0.07)	7.35 (0.19)
MO (%)	9.41	6.72 (0.22)	8.40 (0.30)	6.93 (0.92)	11.13 (0.21)	7.79 (0.59)	4.37 (0.44)	2.54 (0.10)
CO (%)	5.46	3.9 (0.50)b	4.89 (0.71)a	4.02(0.03)a	6.46 (0.26)a	4.60 (0.56)b	2.54 (0.10)a	1.68 (0.06)a
Nt (mg kg ⁻¹)	0.31 (0.01)	0.22 (0.04)	0.40 (0.10)	0.32 (0.02)	0.48 (0.02)	0.30 (0.02)	0.05 (0.02)	0.12 (0.01)
Pi (mg kg ⁻¹)	0.078 (0.22)	0.090 (0.42)	0.122 (1.98)	0.106 (4.87)	0.158 (1.18)	0.115 (4.8)	0.371 (1.89)	0.346 (6.12)
K ⁺ (c mol kg ⁻¹)	0.61 (0.02)	0.29 (0.04)	0.40 (0.51)	0.14 (0.03)	1.01 (0.0)	0.50 (0.02)	1.35 (0.14)	0.90 (0.09)
Ca ⁺⁺ (c mol kg ⁻¹)	3.43 (0.08)	4.05 (0.17)	3.87 (0.93)	2.24 (0.06)	2.33 (0.0)	4.30 (0.09)	2.30 (0.29)	2.23 (0.09)
Mg ⁺⁺ (c mol kg ⁻¹)	1.27 (0.26)	2.11 (0.13)	1.89 (0.09)	1.47 (0.07)	0.74 (0.0)	1.60 (0.29)	0.34 (0.03)	0.8 (0.05)
CE (μS cm ⁻¹)	0.73 (0.05)	0.64 (0.05)	0.87 (0.07)	0.63 (0.03)	0.99 (0.02)	0.62 (0.02)	0.63 (0.02)	0.49 (0.08)
Esporas (100 g ⁻¹)	160 (9.0)	100 (5)	350 (34.49)	108 (8.0)	180 (12)	88 (1.0)	164 (22.0)	96 (11)
CO ₂ (mg g ⁻¹ d ⁻¹)	0.14 (0.01)	0.10 (0.01)	0.18 (0.01)	0.17 (0.01)	0.25 (0.01)	0.18 (0.01)	0.26 (0.01)	0.21 (0.01)

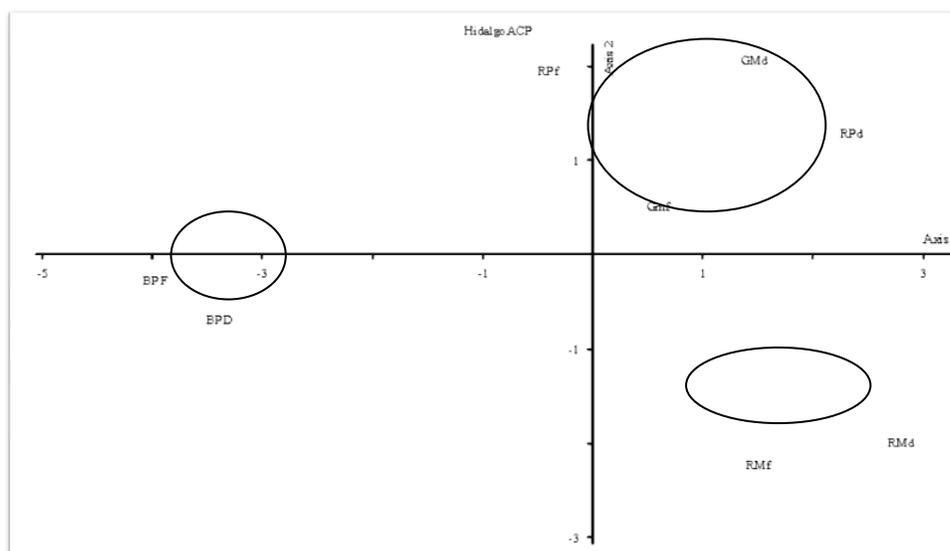


Figura 1. Componentes principales para las propiedades del suelo (eje 1 Da=53%) (eje 2 Da+MO+PO₄=90%)

Conclusión

Este estudio provee evidencias que las leguminosas juntas modifican los recursos del suelo; la influencia de *P. laevigata* para crear islas de recursos fue mayor que la mostrada por *M. biuncifera*; destacando que la identidad de las especies es importante para modificar las propiedades del suelo.

Literatura citada

- Camargo-Ricalde SL and Dhillion SS. 2003. Endemic *Mimosa* species can serve as mycorrhizal "source islands" within semiarid communities of the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Mycorrhiza* 13:29-136.
- Camargo-Ricalde, S.L., I. Reyes-Jaramillo and N.M. Montaña. 2010. Forestry insularity effect of four *Mimosa* L. species (Leguminosae-Mimosoideae) on soil nutrients of a Mexican semiarid ecosystem. *Agroforestry Systems* 80:385-397.
- Flores E, Frías J, Jurado P, Olalde V, Figueroa JD, Valdivia A y García-Moya E. 2007. Efecto del gatuño sobre la fertilidad del suelo y la biomasa herbácea en pastizales del centro de México. *Terra Latinoamericana* 25:311-319.
- García-Moya E and McKell CM. 1970. Contribution to the nitrogen economy of a desert-wash plant community. *Ecology* 51:81-88.
- González-Quintero L. 1968. Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hidalgo. Departamento de Prehistoria. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México.
- González-Ruiz T, Rodríguez ZS and Ferrera-Cerrato R. 2008. Fertility islands around *Prosopis laevigata* and *Pachycereus hollianus* in the drylands of Zapotitlán Salinas, México. *Journal Arid of Environments* 72:1202-1212.
- Herrera-Arreola G, Herrera Y, Reyes-Reyes BG and Dendooven L. 2007. Mesquite (*Prosopis juliflora* (Sw) DC), huisache (*Acacia farnesiana* (L) Willd.) and catclaw (*Mimosa biuncifera* Benth.) and their effect on dynamics of carbon and nitrogen in soils of the semi-arid highlands of Durango Mexico. *Journal of Arid Environments* 69:583-598.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática). 1987. Carta climática Hoja Pachuca del estado de Hidalgo. Escala 1:250 000. México.
- Maestre FT, Bautista S and Cortina J. 2003. Positive, negative, and net effects in grass-shrub interactions in Mediterranean semiarid grasslands *Journal of Ecology* 12:3186-3197.
- Montaña NM, García-Sánchez R, Ochoa de la Rosa G y Monroy-Ata A. 2006. Relación entre la vegetación arbustiva, el mezquite y el suelo de un ecosistema semiárido en México. *Terra Latinoamericana* 24:193-205.
- Reyes-Reyes G, Baron-Ocampo L, Cualí-Álvarez I, Frías-Hernández JT, Olalde-Portugal V, Varela-Fregoso L and Dendooven L. 2002. C and N dynamics in soil from the central highlands of Mexico as affected by mesquite (*Prosopis* spp.) and huizache (*Acacia tortuosa*): a laboratory investigation. *Applied Soil Ecology* 19:27-34.
- Reynolds JF, Virginia RA, Kemp PR, de Soyza AG and Tremmel DC. 1999. Impact of drought on desert shrubs: effects of seasonality and degree of resource islands development. *Ecological Monographs* 69:69-106.
- Rzedowski J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México.
- Tiedemann AR and Klemmedson JO. 1973. Effect of Mesquite on Physical and Chemical Properties of the Soil. *Journal of Range Management* 26:27-29.

VARIACION DE ALGUNAS PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS EN LA CUENCA DEL RIO DUERO

Campos Campos Oswaldo¹, Ochoa Estrada Salvador¹, Cruz Cárdenas Gustavo²Nava Velázquez Jaime¹ y Silva García José Teodoro¹

Ballo_10@hotmail.com

¹CIIDIR-IPN Unidad Michoacán. Justo Sierra N° 28., C.P. 59510, Jiquilpan Mich, Becarios COFAA; ²Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Universidad Nacional Autónoma de México, Tercer Circuito s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Delegación Coyoacán, México D.F., México.

Resumen

Conocer la variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas del suelo es imprescindible al momento de la identificación y caracterización precisa del potencial productivo de las zonas agrícolas. El objetivo del trabajo fue conocer la variabilidad espacial de algunas propiedades físicas y químicas del suelo en la cuenca del Río Duero. Este análisis se realizó con 100 muestras de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm. Con los resultados obtenidos se realizó el análisis de la variabilidad espacial de cada una de estas propiedades, mediante la técnica de interpolación y con la herramienta de ponderación inversa a la distancia (InverseDistanceWeighted (IDW)) en el Sistema de Información Geográfica Quantum Gis 1.7.0. Los resultados obtenidos indican que los valores para el pH variaron desde 5.4 hasta 8.8, el contenido de materia orgánica predominante está en el rango de 3.2 a 3.7 correspondiente al 48.56% del área total, las mayores concentraciones de N que están entre 0.23 a 0.37 coinciden con las áreas de mayor contenido de materia orgánica. En la porción central de la Ciénega de Chapala los valores del RAS llegaron a presentarse hasta de 8.8 sin que se clasifiquen como suelos sódicos. El comportamiento de MO y N está asociado a la presencia de vegetación en la parte alta, mientras que el pH al origen volcánico de los suelos y el RAS a la acumulación, que por efectos mecánicos se presentan en las zonas bajas.

Palabras clave: *Variabilidad espacial, Interpolación, SIG, muestreo.*

Abstract

Knowing the spatial variability of physical and chemical properties of soil is necessary at the time of identification and precise characterization of the productive potential of agricultural areas. The aim of this study was to determine the spatial variability of some physical and chemical properties of soil in the Duero River basin. This analysis was performed with 100 samples of soil to a depth of 0 to 20 cm. With these results was conducted the analysis of the spatial variability of each of these properties using the technique of interpolation and the Inverse Distance Weighted (IDW) in Quantum GIS 1.7.0. The results indicate that the values for pH ranged from 5.4 to 8.8, the organic matter content is predominantly in the range of 3.2 to 3.7 for the 48.56% of the total, the highest concentrations of N are between 0.23 to 0.37 coincide with areas of higher organic matter content. In the central portion of the Ciénega de Chapala of the RAS the values reached 8.8 submitted up without being classified as sodic soils. The behavior of MO and N is associated with the presence of vegetation in the upper part, while the pH of the volcanic soil and the accumulation RAS, mechanical effects that occur in the lowlands.

Introducción

El conocimiento de la variabilidad de las propiedades de los suelos es esencial para hacer una interpretación y una predicción correcta del funcionamiento de éstas ya sea en una unidad cartográfica de suelos o de paisaje. Hoy en día se utilizan las técnicas geoestadísticas para caracterizar la variabilidad y la estructura de variación de las propiedades físicas, químicas y morfológicas de los suelos, ya sea su variabilidad isotrópica o anisotrópica (Trangmaret al., 1985).

La variabilidad espacial de las propiedades físicas y químicas en los suelos es un problema al que se enfrentan los investigadores que trabajan la agricultura; sobre todo cuando se desea saber cómo se

distribuye estas propiedades y la influencia que tienen en la delimitación de zonas aptas para la actividad agrícola.

La agricultura es una de las actividades más importantes de explotación del sistema natural, explotación que debe ajustarse a las áreas aptas para ello. (García *et al.*, 2000). En este sentido el objetivo del trabajo es conocer la variación de las propiedades de algunas propiedades físico y químicas del suelo a lo largo de la cuenca del Río Duero.

Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en la cuenca del río Duero ubicada en el noroeste del estado de Michoacán delimitada por las coordenadas 19° 40' y 20° 15' Latitud Norte y 101° 45' y 102° 45' Longitud Oeste, con una superficie de 253 129.6 ha. El río Duero nace cerca del poblado de Carapan, pasa por el valle de Zamora y se une al río Lerma en los límites estatales de Michoacán y Jalisco. Se realizó un muestreo al azar de 100 sitios en los meses de octubre –noviembre 2010, en los cuales se colectaron muestras de un kilogramo de suelo a una profundidad de 0 a 20 cm se determinó en laboratorio: textura, método Bouyoucos (Norma Oficial Mexicana, 2000); pH con potenciómetro y una relación 1:2 (Ansorena, 1994); conductividad eléctrica, por extracto de saturación y puente de conductividad (Ansorena, 1994), materia orgánica, Walkley-Black (van Reeuwij, 1999); nitrógeno, micro-Kjeldahl (van Reeuwij, 1999); potasio, calcio, magnesio y sodio por espectrometría (Jones *et al.*, 1991). Con los resultados obtenidos se realizó el análisis de la variabilidad espacial de cada una de estas propiedades, mediante la técnica de interpolación y con la herramienta de ponderación inversa a la distancia (Inverse Distance Weighted (IDW) en el Sistema de Información Geográfica Quantum Gis 1.7.0. Este método permitió crear superficies continuas con valores de medición para cada variable. Los valores interpolados para las superficies de IDW se calculan como un promedio ponderado de los valores del conjunto de muestras. La influencia (peso) de los lugares es mayor que la de los puntos de distancia (el peso disminuye a medida que la distancia aumenta).

Resultados

Se obtuvieron los mapas correspondientes a la localización de los sitios de muestreo y de las propiedades estudiadas, en la figura 1 se muestra la ubicación de los sitios muestreados.

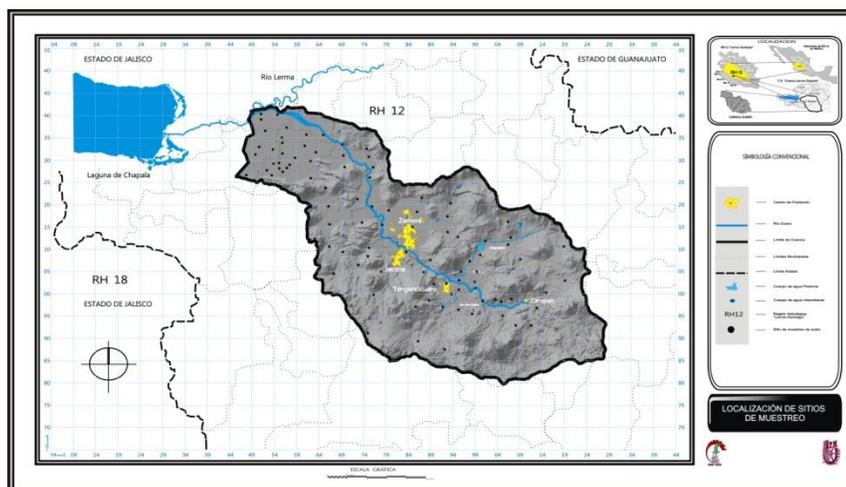


Figura 1. Sitios de muestreo.

La textura predominante en la cuenca es la textura fina, principalmente Arcilla y arcilla limosa predominando en el 72% (182,709 ha) y se localiza principalmente de la parte media de la cuenca hacia la parte baja, correspondiendo con las áreas de cultivo de los valles de Guadalupe, Zamora y Cienega de Chapala (Figura 2). Mientras que las texturas medias (Franco-limo-

arcillosos, franco arcillosos y franco limoso) se encuentran en un 28% y se localizan hacia la parte sur de la cuenca, en la zona conocida como Meseta Purépecha, que es una porción de la provincia geológica denominada Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), que se caracteriza por una alta concentración volcánica, en la que predominan conos volcánicos pequeños (Hasenaka y Carmichael, 1985). La textura en la cuenca tiende a hacerse más fina hacia las partes bajas, esto se puede explicar a partir del proceso de transformación mecánico - químico de los minerales que la constituyen y en función de las condiciones climáticas de la zona, donde la mayor precipitación es mayor hacia la parte con mayor altitud, pero existe una disminución de la temperatura.

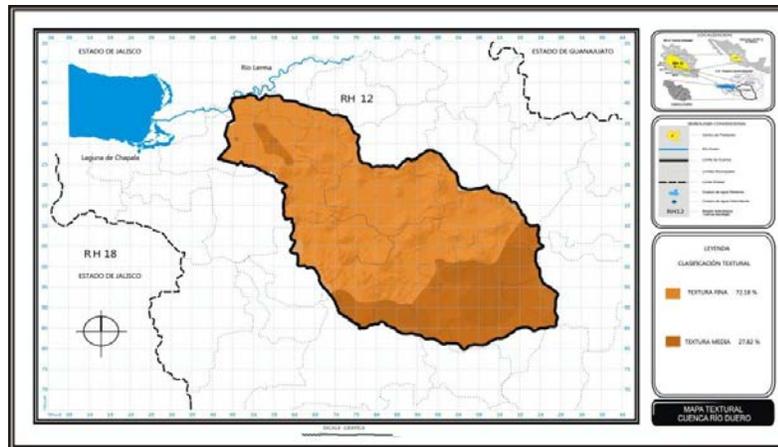


Figura 2. Distribución de las texturas de los suelos en la cuenca del Río Duero.

La materia orgánica presenta los menores contenidos ($< 3.7\%$) en las áreas de cultivo de los valles de Guadalupe y Zamora representando un porcentaje del 68% y los mayores valores (> 3.7 y hasta el 9.4%) en las zonas ocupadas con matorral subtropical y bosque de encino y encino pino; aunque también se encuentra una área con alto contenido de materia orgánica hacia la parte baja de la cuenca, donde coincide con el antiguo cauce del río Duero, esta última área corresponde al 32% del total de la cuenca (Figura 3). Los valores encontrados responden a la velocidad de acumulación y transformación del material verde a partir de la acción de la temperatura y precipitación, así como a la acción de los microorganismos sobre el suelo (Velásquez, *et al.*, 2003).

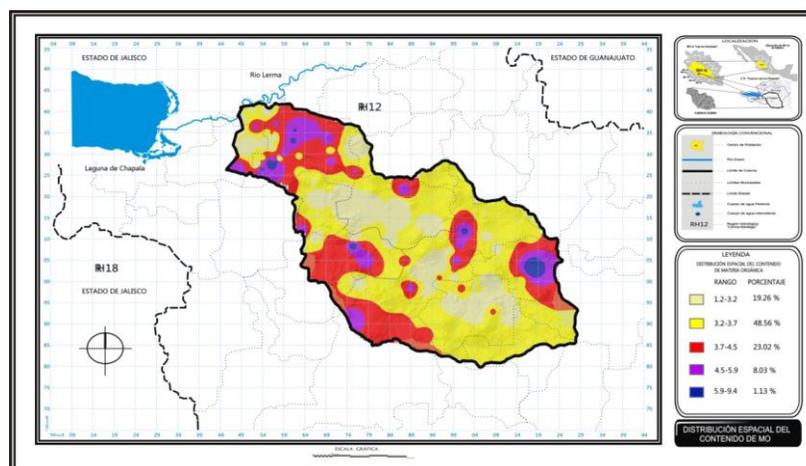


Figura 3. Distribución del contenido de materia orgánica en los suelos.

Los valores para el pH variaron desde 5.4 en los suelos de la zona volcánica y con presencia de vegetación de encino y encino pino; mientras que los mayores valores (8.8) se encontraron hacia las zonas mas bajas, donde se encuentran las áreas de cultivo donde se practica una agricultura tecnificada con la utilización de altos contenidos de insumos. Se clasificó en cuatro grupos con su porcentaje con respecto al área total de la cuenca (Figura 4). En el caso del pH, se sabe que es una de las propiedades químicas que menos varía debido a que es una característica intrínseca de la génesis del suelo. (Acevedo et al., 2010).

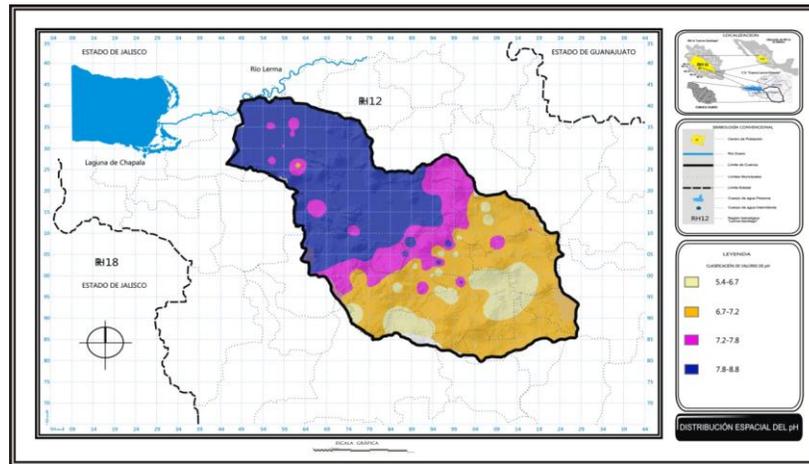


Figura 4. Distribución espacial del valor del pH en la cuenca del río Duero.

La concentración de nitrógeno que ocupa mayor superficie de la cuenca es el que de 0.12 a 0.15 (47.85%), seguido por 0.15 a 0.18 (22.18%), después el rango 0.04 a 0.12 (20.06%), el grupo 0.18 a 0.23 (8.71%) y finalmente 0.23 a 0.37 (1.2%), como se observa en la Figura 5. Con respecto a los valores de contenido de N obtenidos, estos coinciden con las áreas de mayor contenido de materia orgánica, es decir, en la parte alta de la cuenca la vegetación presente son el bosque de encino y encino pino; mientras que en la parte media se encuentra el matorral subtropical y la concentración en la parte baja, con la zona de inundación del antiguo cauce del río Duero.

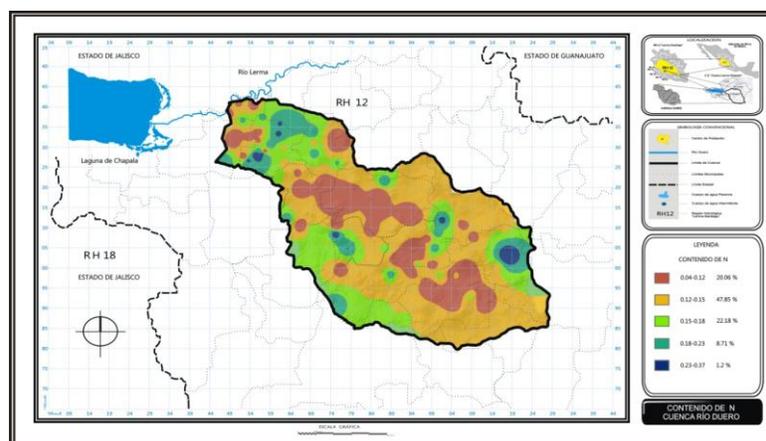


Figura 5. Distribución espacial de nitrógeno en la cuenca del río Duero.

En cuanto a los cationes se calculó la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) para conocer el efecto de la presencia relativa del sodio con respecto al calcio y el magnesio. En este sentido en la mayor parte de la

cuenca existen valores despreciables del ras que son menores a 3.8 y solamente en la porción central de la Ciénega de Chapala los valores del RAS llegan a presentarse hasta de 8.8 sin que se clasifiquen como suelos sódicos. Esta zona con ligera afectación por el RAS concuerda con la zona de inundación del antiguo cauce del río Duero (Figura 6).

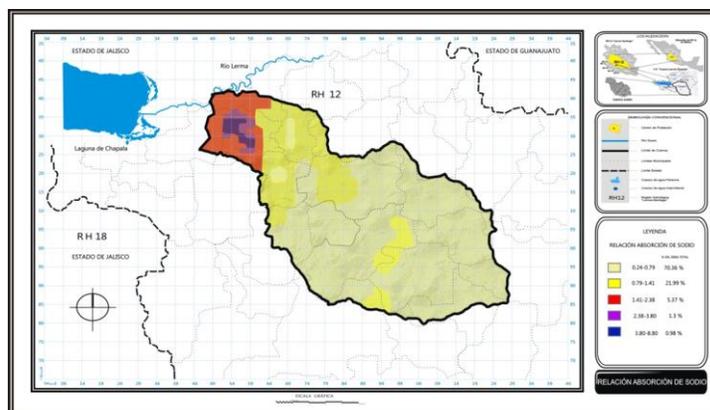


Figura 6. Distribución del RAS en la cuenca.

Conclusiones

De acuerdo con la distribución de las propiedades físico-químicas de los suelos se puede concluir que propiedades como materia orgánica, nitrógeno total su concentración esta asociada a la presencia de la vegetación del aparte alta: mientras que pH esta asociado al origen volcánico de los suelos y el RAS acumulación que por efectos mecánicos se presenta en la zona baja.

Literatura Citada

- Acevedo, D. C., Álvarez, S. M., Hernández, A. E., Maldonado, T. R., Pérez, G. M., y Castro, B. R. 2008. Variabilidad espacial de propiedades químicas del suelo y su uso en el diseño de experimentos. *Terra* 26: 317-324.
- Ansorena, M. J. 1994. *Sustratos propiedades y caracterización*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Jones, J. B. Jr., B. Wolf, y H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens, GA, USA.
- SEMARNAT. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000. 2000. Página electrónica: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/nom-021-semarnat-2000.pdf>
- Van Reeuwijk, L. P. 1999. *Procedures for soil analysis*. Internacional Soil Reference and Information Centre. Wageningen, Netherlands.
- Velásquez J. C., G. Ochoa y J. Oballos. 2003. Suelos de la Cuenca del Santo Domingo Sector la Soledad. (Caracterización Físico-Química) Barinas – Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*. No. 041: Vol 001.

LA VEGETACION EXÓTICA Y SU INFLUENCIA EN LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS, EN LA SIERRA DE GUADALUPE, DISTRITO FEDERAL

Miranda Pérez Maricruz N¹, Vela Correa Gilberto¹, Rodríguez Gamiño Ma. de Lourdes² y López Blanco Jorge³

¹Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Departamento El Hombre y su Ambiente. Laboratorio de Edafología. E-mail: (mn_29_59@hotmail.com; gvela@correo.xoc.uam.mx); ²Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: (lulugamino@hotmail.com). ³Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: (jlopezblanco@hotmail.com)

Resumen

Se considera que la introducción de vegetación exótica, es uno de los problemas a nivel mundial, por los efectos negativos que provoca sobre los componentes de un ecosistema. En la Sierra de Guadalupe predominan las plantaciones realizadas con vegetación exótica principalmente de *Eucalyptus* spp., *Casuarina equisetifolia*, y *Pinus* spp., aunque existen algunos relictos de *Quercus* spp, considerados como especies nativas. El objetivo de este trabajo fue determinar la posible alteración sobre las características físico-químicas del suelo provocado por las reforestaciones con vegetación exótica. Para determinar el efecto que puede provocar la vegetación exótica, se analizaron las propiedades físicas y químicas de los suelos con presencia de vegetación nativa (*Quercus frutex*) y comparándolos con los suelos reforestados con *Pinus radiata*, *Casuarina equisetifolia* y *Eucalyptus* spp. Los principales resultados son que la vegetación nativa aporta más hojarasca al suelo y que ésta se integra más rápidamente que la proveniente de la vegetación exótica. Los sitios reforestados con *Eucalyptus* spp., presentaron mayor compactación y menor humedad que los de vegetación nativa. Los suelos con *Pinus radiata* fueron los más ácidos; y la menor cantidad de nitrógeno en el suelo correspondió al sitio reforestado con *Eucalyptus* spp., así como los valores más bajos no solo en Ca²⁺ sino también en Mg²⁺, Na⁺ y K⁺. De lo anterior, se concluye que el *Pinus radiata* y el *Eucalyptus* spp., son especies que han tenido un impacto negativo en los suelos de la Sierra ya que favorecen la acidificación, la compactación, la pérdida de humedad y nutrientes.

Palabras clave: Vegetación exótica, *Eucalyptus* spp., *Quercus* spp., vegetación nativa

Abstract

The introduction of exotic vegetation is considered that is one of the problem in the world, by the negative effects caused on the components of an ecosystem. In the Sierra de Guadalupe dominated plantings with exotic vegetation mainly of *Eucalyptus* spp., *Casuarina equisetifolia* and *Pinus* spp., although some areas of *Quercus* spp are considered native species. The main of this study was to determined the possible alteration of the physical-chemical soil caused by reforestation with exotic vegetation. To determine the effect that can lead to exotic vegetation, we analyzed the physical and chemical properties of soils in the areas with native vegetation (*Quercus frutex*) and compared with soil reforested with *Pinus radiata*, *Casuarina equisetifolia* and *Eucalyptus* spp. The main findings are that native vegetation provides more litter on the soil and integrates it more quickly than from the exotic vegetation. The reforested sites with *Eucalyptus* spp., were more compact and less moisture than native vegetation. The soils with *Pinus radiata* were the most acidic and the least amount of nitrogen in the soil corresponded to the site replanted with *Eucalyptus* spp. As well as, the lowest values not only in Ca²⁺ but also Mg²⁺, Na⁺ and K⁺. It is confirmed that the *Pinus radiata* and *Eucalyptus* spp., are species that have a negative impact on the soils of the Sierra and to have favored the acidification, compaction, loss of moisture and nutrients

Key Words: Exotic vegetation, *Eucalyptus* spp., *Quercus* spp. y native vegetation

Introducción

Los estudios sobre vegetación exótica, en la actualidad han tomado mayor importancia en el mundo, debido a la influencia negativa y/o positiva que puedan tener en un ecosistema, con el establecimiento de especies exóticas principalmente forestales, ya que en muchos países esto es poco aceptado ecológica,

social y políticamente, especialmente debido al impacto ambiental que éstas causan y en cuanto a la conservación de la biodiversidad (Traveset, 2000).

En la Ciudad de México, la Sierra de Guadalupe, está cubierta por vegetación en distintos grados de conservación, donde las condiciones edafológicas y climáticas de la Sierra propiciaron originalmente una vegetación característica de zonas semiáridas, creando un ambiente poco favorable para especies exóticas (GDF, 2003). La Sierra de Guadalupe, se considera como una de las pocas áreas verdes y fuente de recursos naturales que se encuentra al norte de la Ciudad de México. Sin embargo, el crecimiento urbano ha generado un grave deterioro sobre tres de los componentes principales del equilibrio ambiental en la Sierra: el suelo, la vegetación y el agua (Lugo y Salinas, 1996).

La vegetación nativa de la Sierra, ha desaparecido casi en su totalidad pero aún existen algunos ejemplares de encinos como *Quercus rugosa*, *Q. deserticola*, *Q. frutex*; *Eysenhardtia polystachya* (palo dulce); *Bursera* spp; (cuajilote amarillo), *Ipomea* spp. (casahuate), *Prosopis juliflora* (mezquite), *Acacia farnesiana* (huizache), *Jatropha spathulata* (sangregado o torote), *Buddleia americana* (tepozán), *Ipomea murucoides* (palo de muerto), *Opuntia streptacantha* (nopal) y *Cotoneaster* spp. (membrillo cimarrón) (Vela y Flores 2000; GDF, 2003). Actualmente, la vegetación de la Sierra, se caracteriza principalmente por una comunidad arbórea basada en plantaciones donde las principales especies utilizadas han sido el *Eucalyptus* spp (eucalipto), *Casuarina equisetifolia* (casuarina), *Cupressus lusitanica* (cedro blanco), *Cupressus sempervirens* (ciprés panteonero), así como diversas especies de pinos, entre las que se encuentran el *Pinus cembroides*, *P. patula*, *P. radiata* y *P. michoacana*. Otra especie que es muy frecuente en la Sierra es el *Schinus molle* (Pirú), que es considerado como una especie subdominante en algunas áreas, aunque se les encuentra formando parte de algunas cercas o como linderos de parcelas agrícolas (Rzedowski y Rzedowski, 1979; Vela y Flores 2000).

Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue determinar los efectos producidos en las propiedades físico-químicas de los suelos, debido a la introducción de la vegetación exótica utilizada en las reforestaciones que se han llevado a cabo en la Sierra de Guadalupe, a fin de que la información generada pueda ser de utilidad al considerar la selección de especies para las reforestaciones futuras.

Materiales y Métodos

Localización del área de estudio. La Sierra de Guadalupe se localiza al norte de la Ciudad de México, geográficamente entre los 19° 30' y 19° 35' de latitud norte y 99° 05' y 99° 10' de longitud oeste, con una altitud que va de los 2,240 a los 2,950 msnm. La superficie en estudio es de 633-80-00 ha, que corresponden a la zona sur de la Sierra y que son administradas por el Gobierno de la Ciudad de México (Figura 1) (GDF, 2003).

La Sierra es un complejo montañoso de origen volcánico constituido por lavas andesíticas, dacíticas y rocas piroclásticas, las cuales se encuentran sobre un núcleo basáltico formado por estratovolcanes, calderas y domos del Plioceno (Mosser, 1990). El clima es C(wo)(w) templado con lluvias en verano, con una precipitación total anual de 584.7 mm y la temperatura media anual de 16 °C (García, 1988). Los suelos dominantes corresponden a la asociación de Leptosoles + Phaeozem háplicos (Vela y Flores, 2000).

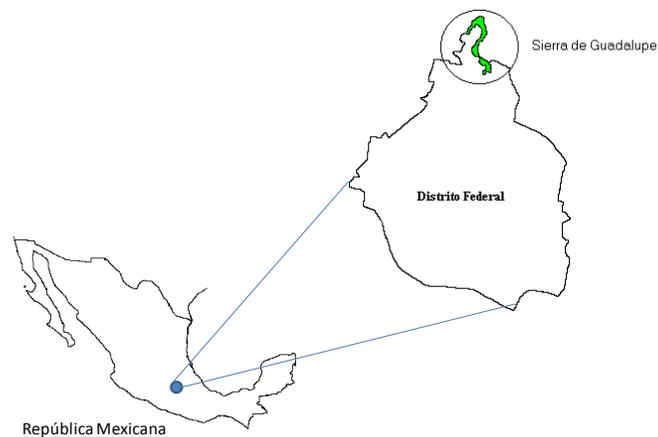


Figura 1. Localización de la Sierra de Guadalupe.

Trabajo en campo y laboratorio. Para determinar el efecto que provoca la vegetación exótica, se determinaron las propiedades físicas y químicas en los suelos con presencia de vegetación nativa como: *Quercus frutex* y comparándolos con los suelos reforestados con *Pinus radiata*, *Casuarina equisetifolia* y *Eucalyptus* spp. Los sitios de muestreo fueron seleccionados a partir de la fotointerpretación realizada en fotos aéreas a escala 1:30,000 y con el apoyo del personal de campo de la Comisión de Recursos Naturales (CORENA), los cuales se corroboraron con diversos recorridos en campo. En cada sitio se llevó a cabo la descripción del sitio por lo que se tomó nota sobre las características del relieve local como son la geoforma, altitud, orientación, pendiente, tipos de vegetación y uso de suelo; y se tomaron muestras superficiales del suelo (0-30 cm). En laboratorio se determinación las propiedades físicas: densidad aparente y de densidad real (D_a y D_r); el color en seco y húmedo con base en Munsell (1994); el cálculo de la porosidad de acuerdo con Gavande (1986); y la humedad a partir de Jackson (1976). Entre las determinaciones químicas se realizaron: materia orgánica y carbono orgánico, pH en H_2O empleando una relación 1:2.5 por medio del potenciómetro Marca ORION 3 Star con electrodo de vidrio; la capacidad de intercambio catiónico y determinación de Ca^{2+} y Mg^{2+} intercambiables por medio la centrifugación con acetato de amonio y su titulación con Versenato (EDTA); mientras que el Na^+ y K^+ se midieron con un fotómetro de flama Cornig 400 de acuerdo con los procedimientos de Klute (1986) y Sparks (1996).

Resultados y Discusión

Los sitios con vegetación nativa, particularmente de *Quercus frutex* —“cino chaparro” se encuentra en laderas superiores, medias y en superficie cumbre, en altitudes que van de 2,538 a 2,678 msnm; con pendientes que varían de 8° a 30° , mientras que los **sitios con vegetación exótica** reforestados con *Casuarina equisetifolia*, *Pinus radiata*, y *Eucalyptus* spp., se ubican básicamente en laderas medias y en piedemontes locales, en altitudes que varían de 2,475 a 2,590 msnm; y con pendientes de 5° a 25° .

Propiedades físicas de los suelos. La densidad aparente presentó en todos los sitios reforestados valores promedio de 1.4 g/cm^3 , en comparación con 1 g/cm^3 del sitio con *Quercus frutex* (Cuadro 1), por lo que se considera que la vegetación nativa aporta más hojarasca al suelo y que ésta se integra más rápidamente que la vegetación exótica. A su vez esto repercutió en la porosidad del suelo, ya que todos los sitios con vegetación exótica tuvieron una porosidad entre 26 a 36% (Cuadro 1), menor que la reportada en los sitios con vegetación nativa (41%), siendo el sitio reforestado con *Eucalyptus* spp., el que presentó la mayor compactación y por ende el menor espacio poroso, casi un 35% menos en comparación con los sitios de *Quercus frutex*, posiblemente a consecuencia del uso de suelo, dado que antes de reincorporado al uso forestal, este sitio había sido ocupado por asentamientos humanos. Por otro parte el contenido de humedad fue mayor en los sitios con *Quercus frutex* y *Pinus radiata* y ligeramente menor en los reforestados con

Casuarina equisetifolia (Cuadro 1), pero se reportó un 27% menos de humedad en los sitios con *Eucalyptus* spp., los cuales se sabe agotan las fuentes de agua y nutrimentos por la elevada evapotranspiración que presentan (Hernández *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Propiedades físicas de los suelos en los sitios estudiados.

Sitio	Tipo de vegetación	Densidad		Porosidad	Humedad
		aparente	real		
		--- g/cm ³ ---		----- % -----	
1	<i>Quercus frutex</i>	1.0	1.7	41	15
2	<i>Pinus radiata</i>	1.4	2.2	36	15
3	<i>Casuarina equisetifolia</i>	1.3	2.1	38	14
4	<i>Eucalyptus</i> spp.	1.4	2.1	26	11

Propiedades químicas de los suelos. Los suelos con *Quercus frutex* y *Casuarina equisetifolia* son medianamente ácidos, mientras que los suelos en *Pinus radiata* son fuertemente ácidos, debido a sus acículas son potencialmente acidificantes por la producción de ácidos orgánicos y de H₂CO₃ (Urrego, 1997), por el contrario en los sitios con bosque de *Eucalyptus* spp., su pH es ligeramente ácido, contrario a lo que menciona la literatura pero por encontrarse la plantación en un piedemonte, posiblemente por ser una zona de acumulación de las bases que son arrastradas y depositadas por la lluvia en las partes bajas de la Sierra. La materia orgánica es alta en todos los sitios, aunque en el bosque de *Eucalyptus* spp., fue ligeramente superior a la del sitio con *Quercus frutex*, pero como se sabe los *Eucalyptus* spp. y los *Pinus* spp., aportan gran cantidad de biomasa al suelo (Hernández *et al.*, 2007), aunque en su mayoría esta es más difícil de integrarse al suelo por la cantidad de corteza y de ramas medias y finas que contiene (González, 2009). La mayor cantidad de nitrógeno total se encontró en el sitio reforestado con *Pinus radiata*, seguido de los sitios de *Quercus frutex* y *Casuarina equisetifolia*, la menor cantidad de nitrógeno en el suelo correspondió al sitio reforestado con *Eucalyptus* spp. (Cuadro 2). En cuanto a la relación C:N *Quercus frutex* y *Casuarina equisetifolia* presentaron valores similares, mientras que la relación más elevada le correspondió al bosque de *Eucalyptus* spp., por lo que se considera que en el sitio existe una mayor inmovilización neta del nitrógeno y la menor en el sitio reforestado con *Pinus radiata* (Cuadro 2). La mayor concentración de Ca²⁺ se encontró en los sitios con vegetación nativa de *Quercus frutex* seguido de los sitios con *Casuarina equisetifolia* y *Pinus* spp., mientras que los sitios con *Eucalyptus* spp. presentó el valor más bajo no solo en Ca²⁺ sino también en Mg²⁺, Na⁺ y K⁺.

Cuadro 2. Propiedades químicas de los suelos en los sitios estudiados.

Sitio	Vegetación	pH	MO	Corg	Nt	C:N	Iones intercambiables			
							Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
			----- % -----				----- meq/100 g -----			
1	<i>Quercus frutex</i>	5.80	10.42	6.04	0.42	14.38	37.65	4.26	3.26	2.05
2	<i>Pinus radita</i>	5.33	9.70	5.62	0.70	8.02	33.33	9.78	3.91	2.82
3	<i>Casuarina equisetifolia</i>	5.87	10.73	6.22	0.42	14.80	36.42	11.48	3.26	1.92
4	<i>Eucalyptus</i> spp.	6.02	11.67	6.77	0.25	27.08	29.01	10.51	2.71	1.86

Conclusiones

- Las mejores condiciones de los suelos se encontraron en los sitios con vegetación nativa de *Quercus* spp., aunque *Casuarina equisetifolia*, presentó condiciones similares a los suelos de vegetación nativa, por lo que se considera que no ha tenido un impacto negativo en algunas propiedades de los suelos.

- El *Pinus radiata* y el *Eucalyptus* spp., son especies que han tenido un impacto negativo en las características de los suelos de la Sierra ya que han favorecido la acidificación, la compactación, la pérdida de humedad y de nutrimentos en comparación con los suelos donde se encuentra aun la vegetación nativa.
- Es importante considerar este tipo de estudios, debido a que aporta información científica sobre los procesos edáficos que debe tomarse en cuenta por parte de las instituciones gubernamentales en la propuesta y elaboración de los programas de reforestación que en un futuro se sigan realizando para la Sierra de Guadalupe.

Agradecimientos

A la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) del Gobierno de la Ciudad de México, en especial al personal de Sierra de Guadalupe, por el apoyo brindado durante el trabajo en campo.

Literatura Citada

- GDF. Gobierno del Distrito Federal. 2003. Acuerdo por el que se aprueba el programa de manejo del Área Natural Protegida con la Categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica Denominada "Sierra de Guadalupe". Gaceta Oficial del Distrito Federal. 2 de diciembre de 2003. pp 35-50.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema climático de Köppen, (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Gavande, S. A. 1986. Física de suelos. Principios y aplicaciones. Ed. Limusa, S.A. de C.V. México 351 pp.
- González, A. 2009. Extracción y reciclaje de nutrientes por cosecha de *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus maidenii*. XII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina. pp: 18-23.
- Hernández H. R. M., Ramírez, E., Castro, I., Cano, S. 2007. Cambios en indicadores de calidad de suelos de ladera reforestados con pinos (*Pinus caribea*) y eucaliptos (*Eucalyptus robusta*). Agrociencia 42: 253-266.
- Jackson, L. M. 1976. Análisis químicos de suelos. Ed. Omega. Barcelona, España. 662 pp.
- Klute, A. 1986. Methods of soil analysis. Part 1-Physical and mineralogical methods. American Society of Agronomy –Soil Science Society of America. Madison, WI.
- Lugo, H. J. y Salinas, M. A., 1996. Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 13(2): 240-251.
- Mosser, F. 1990. Estratigrafía y estructuras del Valle de México. En: El subsuelo de la Cuenca de México y su relación con la ingeniería de cimentaciones a cinco años del sismo. E. Ovando Shelley y F. González Valencia (ed), Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. pp. 29-36.
- Munsell, 1994. Munsell Soil Color Charts: Baltimore, Munsell Color Company Inc.
- Rzedowski, J., de Rzedowski, G. C. 1979. Flora fanerogámica del Valle de México: Ed. LIMUSA. México. 267 pp.
- Sparks, D. L. 1996. Methods of soil analysis. Part 3-Chemical Methods. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Madison, WI.
- Traveset, A. 2000. Epidemie: Seis países europeos juntos para analizar los efectos del plantas invasoras en los ecosistemas insulares mediterráneos. Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB).
- Urrego, B. 1997. La reforestación con coníferas y sus efectos sobre la acidificación, podsolización y pérdida de fertilidad de los suelos. Informaciones Agron, 28: 6-12.
- Vela, C. G. y D. Flores, R. 2000. Caracterización física, química y mineralógica de algunos suelos de la Sierra de Guadalupe, México. pp. 102-107. In: Quintero-Lizaola, R., T. Reyna-Trujillo, L. Corlay-Chee, A. Ibañez -Huerta y N.E. García-Calderón (eds.). La Edafología y sus perspectivas al Siglo XXI. Tomo 1. Colegio de Postgraduados, Universidad Nacional Autónoma de México y Universidad Autónoma Chapingo. México.

EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN SUELOS CON USO AGRÍCOLA Y FORESTAL EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN VIDA SILVESTRE (CIVS) SAN CAYETANO, EN EL ESTADO DE MÉXICO.

***Anaya Pérez Claudia Verónica**, Escobar Zavaleta Karla y Rodríguez Flores Thalía.
Universidad Autónoma Metropolitana - Xochimilco, Departamento el Hombre y su Ambiente. Calzada del Hueso 1,100. Col. Villa Quietud. Coyoacán, México Distrito Federal. C. P. 04960. Correo: biologaclus_phk@hotmail.com.

Resumen

Los recursos forestales son substanciales debido a la función que presentan en el ecosistema, por lo tanto es importante su conservación, sin embargo, la agricultura es una actividad que permite al hombre, producir alimentos que cubran sus necesidades, esto ha hecho que el cambio de uso de suelo sea cada vez más frecuente, llevando muchas veces a que el suelo modifique sus propiedades. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo con uso forestal y uno con uso agrícola, en San Cayetano estado de México. En el presente trabajo se realizaron dos calicatas, en el mes de Octubre del 2009, una en zona forestal y otra en agrícola, para obtener muestras de suelo de aproximadamente 1 kg. por horizonte, éstas se secaron y fueron posteriormente analizadas en el laboratorio. El suelo con uso forestal, al conservar la vegetación pristina, presenta mayor CIC, reduciendo la probabilidad de cambios drásticos en el pH, mayor porosidad con la que equilibra el suministro de agua y pH menos ácido que controla la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo, que la zona agrícola, pues esta adquirió un pH más ácido, que solo permitía el cultivo de maíz, el cuál es moderadamente tolerante a la acidez; al cambiar la cobertura vegetal, también lo hacen las propiedades físicas y químicas del suelo, tendiendo a ser más ácido y a aumentar la porosidad, al igual que la densidad aparente, resultando ser más susceptible a la labranza así como a la erosión y la pérdida de nutrientes, por lo tanto es importante honrar en estudios sobre el impacto de cambio de uso de suelo para evitar su deterioro.

EFFECTO DE DIFERENTES PRODUCTOS QUIMICOS EN LA INFILTRACION Y DENSIDAD APARENTE DE UN SUELO SALINO DE LA SERIE GILA FASE PESADA, VALLE DE MEXICALI

Cárdenas-Salazar, Víctor Alberto¹, Escobosa García María Isabel¹, Ángel López-López¹, Ceceña Durán Carlos¹, De la Cerda López Raúl¹, Román Calleros Jesús Adolfo¹, Avilés Marín Silvia Mónica¹, Medina Martínez Rubén¹, Ruiz Alvarado Cristina¹, Soto Ortiz Roberto¹, Escoboza García Luís Fernando¹, Araiza Zúñiga Daniel¹, Núñez Ramírez Fidel¹, Silva Hauchbaum Cesar¹.

Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California¹. E-mail:

icavaacs@hotmail.com

Resumen

El presente trabajo se llevo a cabo para determinar el efecto que tienen los diferentes tratamientos en la densidad aparente y en la infiltración, se realizó en un predio localizado en el Ejido Nuevo León. Se evaluaron 3 productos químicos y un testigo, se realizaron las pruebas de infiltración y de densidad aparente antes y después de la aplicación de los tratamientos, se encontró que los 3 productos químicos aumentaron la densidad aparente del suelo, estadísticamente fueron iguales aunque el valor más alto se obtuvo con el tratamiento 3, en lo referente a la infiltración básica esta aumento considerablemente con el tratamiento 4, el resto de los tratamientos fueron similares al testigo. Concluyendo que el tratamiento 3 es el que se recomienda para este tipo de suelos del valle de Mexicali.

Palabras Clave: Suelos, infiltración, mejorados químicos.

Abstract

This work was undertaken to determine the effect that they have different treatments on bulk density and the infiltration of a clay soil took place in an area of located in Ejido Nuevo León in saline soil of the Gila phase heavy series 3 chemicals and a witness were evaluated, tested infiltration and apparent density before and after the implementation of treatments, we found that 3 chemicals have increased the apparent density of the soil, statistically they were equal but the highest value obtained with treatment 3, as regards the basic infiltration this increase considerably with 4 treatment, other treatments were similar to the witness. To conclude that treatment 4 is which is recommended for this type of soil of the Valley of Mexicali, because that favors the leaching of salts washing salts and the aeration of the roots of plants.

Key Words: Soil, infiltration, improved chemicals.

Introducción

Los suelos del Valle de Mexicali tienen como material parental los depósitos del Río Colorado. Estos depósitos se encuentran muy estratificados, la mayor parte de estos materiales son detritos de rocas, mezclados y transportados desde el área del gran cañón del Colorado. La variación de los suelos se debe principalmente a las diferencias de textura, causadas por la forma y secuencia de deposición del material aluvial. Las variaciones de textura son pronunciadas tanto vertical como horizontalmente. En general, las prácticas de cultivo y manejo de tierras irrigadas en el valle de Mexicali, son afectadas e influenciadas predominantemente por estas características texturales del suelo. Una manera de clasificar los suelos de esta zona es por serie de suelos. En un estudio de suelos realizado en 308,400 hectáreas del distrito de riego 014 (SARH, 1984) indica que, la distribución de las seis series de suelo es la siguiente: La serie Gila Fase Pesada ocupó el 46.4% de dicha área y la serie Gila Fase Ligera el 34.0%. La serie Imperial el 14.9%. La serie Holtville el 4.3%. La serie Meloland el 0.3 y la serie Supertition el 0.1%.

La serie Gila Fase Pesada es la que ocupa mayor superficie y se caracteriza por tener los estratos superiores con texturas arcillosas. Por ser una zona de alta evapotranspiración y por regarse con aguas con alto contenido de sales una superficie importante de estos suelos tienen acumulación de sales. Los suelos arcillosos presentan una baja velocidad de infiltración y por consecuencia es más lento el lavado de sales,

por lo que se utilizan productos químicos que modifican las condiciones físico químicas de los suelos para mejorar el drenaje natural.

Los productores requieren información sobre la efectividad de estos mejoradores químicos de suelos para decidir cuál de ellos aplicar para lograr, en menor tiempo, restablecer el nivel productivo de su predio agrícola (Kovda, 1980). Mejorar un suelo salino o salino-sódico es un proceso lento que puede llevar varios ciclos agrícolas (American Society of Civil Engineers, 1990), donde se tendrán que hacer inversiones en los productos químicos, el agua de riego (Ayers, 1985) y su aplicación, considerando mejorar la velocidad de infiltración básica que en suelos salino-sódicos es muy baja por la estrecha estructura física del suelo (Bali, 1987), toda la inversión se va a recuperar hasta que el suelo se encuentre en la condición normal, y el beneficio se tendrá con la productividad potencial de los cultivos que allí se establezcan (Aceves, 1979). Existen en el mercado una gran cantidad de productos que se utilizan como mejoradores de suelos (Hanson, 1993) algunos de ellos son, cloruro de calcio, yeso agrícola, azufre, ácido sulfúrico, poli sulfuro de calcio, roca caliza molida, poli sulfuro de amonio, etc.

Por lo tanto se realizó este trabajo para determinar cuál de ellos modifica de manera favorable las características físicas de los suelos arcillosos. Por tanto se planteó como objetivo conocer el efecto de los diferentes tratamientos en las propiedades físicas de un suelo arcilloso en varios niveles de salinidad.

Materiales y Métodos

Localización.- Este trabajo de investigación se llevó a cabo en la parcela 72 del ejido Nuevo León, valle de Mexicali, su localización geográfica es: Latitud Norte 32° 24' 24.6" y Longitud Oeste 115° 11' 48". En un suelo arcilloso correspondiente a la serie Gila Fase Pesada.

Variables de Estudio.- Las variables de estudio en el suelo fueron: la densidad aparente y la velocidad de infiltración básica.

Diseño experimental.- El diseño experimental fue un bloques completos al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, el tamaño de cada unidad experimental fue de 100 m², formado por un cuadrado de 10 m por lado, y un bordo perimetral de 2 m de ancho. La parcela útil fue el centro de cada tratamiento, eliminando 2 m de cada orilla, por lo que tuvo un área de 36 m². La superficie total de la parcela experimental, incluyendo canales y bordos de protección fue de 6,480 m².

Tratamientos.- Los productos y sus dosis evaluados en la presente investigación fueron: T1 (100 kg/ha de Ácido Sulfúrico), T2 (200 kg/ha de Ácido Sulfúrico), T3 (100 kg/ha de Poli sulfuro de amonio), T4 (100 kg/ha de Poli sulfuro de Calcio) y TT (Testigo sin aplicación). Se utilizó una lámina de riego de 50 cm en cada uno de los tratamientos (Foto 1).

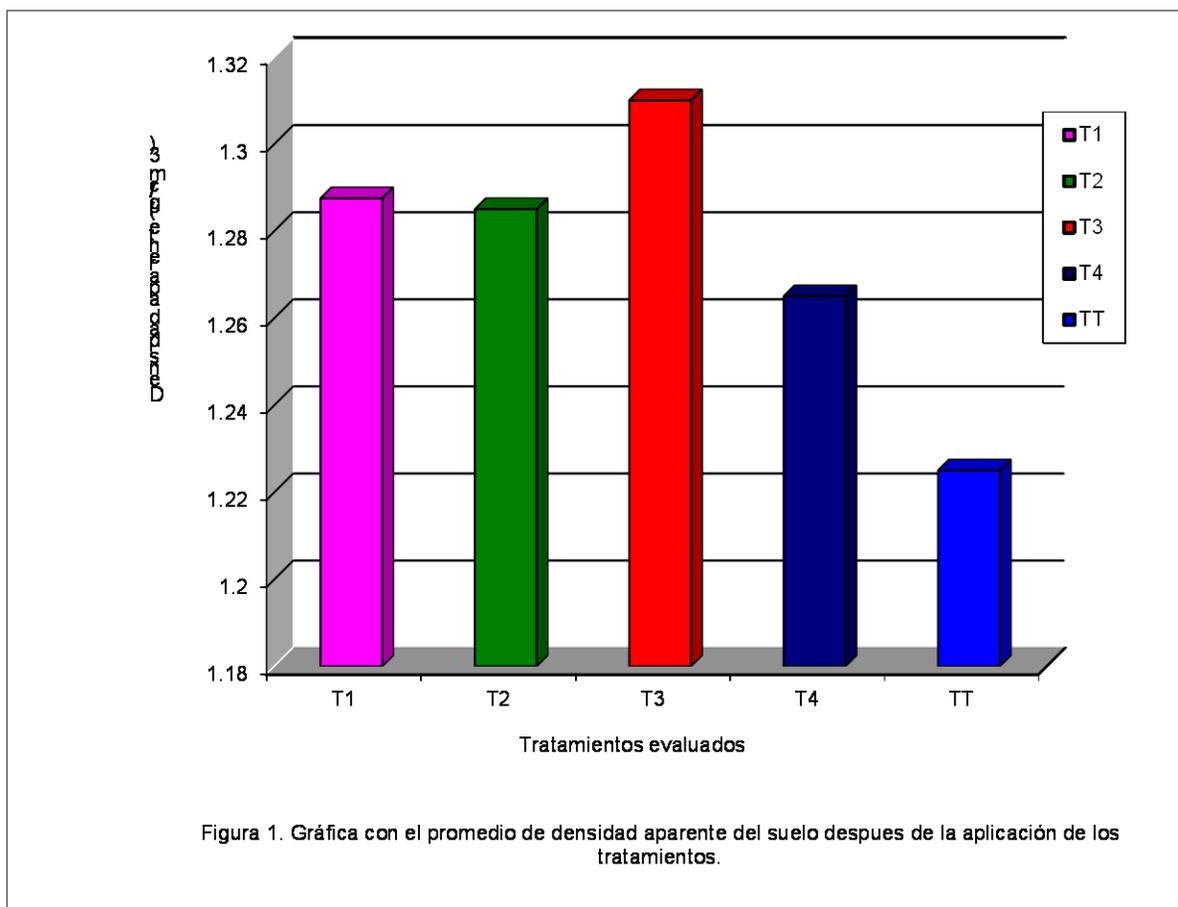


Foto 1. Suelo salino-sódico donde se realizó el estudio.

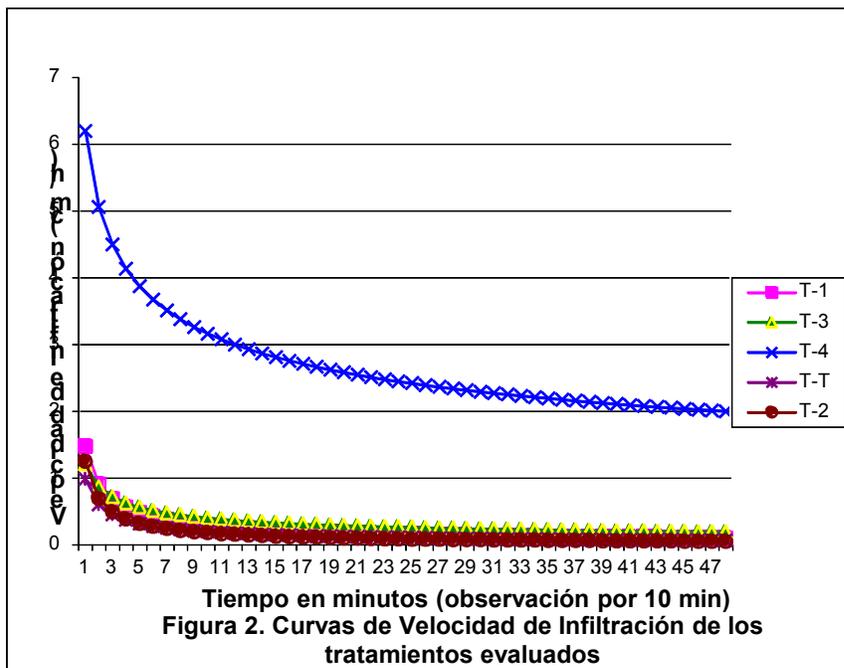
Metodología de estudio.- Previo al establecimiento de la investigación en campo se realizó un muestreo del suelo para determinar las áreas con niveles de salinidad similar, las cuales se constituyeron en bloques o repeticiones donde se aplicaron los tratamientos en cada bloque, los cuales fueron asignados al azar. Los niveles de salinidad se agruparon en suelos de CE menor a 6 dS/m, suelos de CE de 6.1 a 8 dS/m, suelos de 8.1 a 12 dS/m y suelos de 12.1 a 16 dS/m. Se trazaron las parcelas en cuatro bloques de cinco tratamientos cada uno distribuyéndose en forma aleatoria. Una vez caracterizado el suelo del sitio experimental, se aplicaron dos riegos, en cada riego se adicionó el 50 por ciento de cada producto de acuerdo con su distribución en campo, posteriormente se realizó el muestreo final del suelo a los 20 días después del último riego. También se realizaron las pruebas de infiltración y de densidad aparente antes y después del experimento. Una vez concluida la etapa de campo y efectuados los análisis de las muestras de suelo en el laboratorio de agua y suelo del Instituto de Ciencias Agrícolas, se realizó un análisis estadístico de las variables consideradas para medir el efecto de cada tratamiento sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

Resultados y Discusión

Densidad Aparente.- Esta variable indica el grado de compactación que tiene un suelo y se expresa en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3). Los datos obtenidos del muestreo final de la Densidad aparente del suelo (D_a) se utilizaron para realizar un análisis de varianza, en dicho análisis se encontró que estadísticamente hay diferencias entre los tratamientos y se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey al 0.05) y se encontró que, aunque el tratamiento 3 tiene una Densidad Aparente mayor que el resto de los tratamientos, estadísticamente los tratamientos 1, 2 y 4 son iguales a él; siendo diferente de ellos el testigo absoluto (Figura 1).



Velocidad de Infiltración Básica.- Se realizaron 2 pruebas de infiltración básica a cada tratamiento para conocer el efecto de los materiales evaluados en esta variable; una vez obtenidos los datos de infiltración se graficaron para determinar la tendencia de cada una de las curvas de velocidad de infiltración, como dichas curvas fueron logarítmicas, se analizaron con una regresión lineal logarítmica, generando una ecuación de ajuste $K \cdot T^{-n}$; donde K y n son constantes derivadas de la regresión, y T es el tiempo de cada una de las mediciones para cada tratamiento. Se usó la ecuación generada para cada tratamiento y se elaboró una gráfica comparativa de las curvas ajustadas para un periodo de tiempo de 480 minutos, iniciando en 10 minutos y con incrementos cada 10 minutos. En la Figura 2, se presentan los resultados de la velocidad de infiltración básica de los 5 tratamientos evaluados, en la gráfica se tiene que el tratamiento 4 fue superior al resto de los tratamientos, ya que la velocidad de infiltración es del orden de 2 cm/h y el resto de los tratamientos tienen un valor < 0.2 cm/h.



Conclusiones

1. Todos los tratamientos incrementaron la densidad aparente del suelo, no así el testigo TT, que fue diferente de los demás.
2. Para la velocidad de infiltración básica sobresale significativamente el tratamiento T4 con un valor final de 2.0 cm/h que es un valor muy bueno para este tipo de texturas, el resto de los tratamientos tuvieron un efecto similar al tratamiento testigo TT, con una velocidad de infiltración básica < 0.2 cm/h.

Literatura citada

- Aceves, N. E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.
- Aguilar, S. A. 1988. Métodos de Análisis de suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia de Suelo A. C. Departamento de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, México.
- American Society of Civil Engineers. 1990. Agricultural Salinity Assessment and Management. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. 17. Ed. Kenneth K. Tanji. USSSA.
- Ayers, R. S., and D. W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and Drainage, paper 29, rev. 1, FAO, Rome.
- Bali, K. M. y Wallender, W., 1987. Water application under varying soil and intake opportunity time. American Society of Agricultural Engineers. Vol 30 (2): March-April, 1987.
- Hanson B., S. R. Grattan and A. Fulton. 1993. Agricultural Salinity and Drainage. University of California-Davis, Ca. USA.
- Kovda, V. A. 1980. Problem of combating salinization of irrigated soils, Moscow, U.S.S.R. UNERP.
- Ortiz, B. 1986. Edafología. Universidad Autónoma Chapingo/Departamento de suelo. México.
- Personal del Laboratorio de salinidad de los E.U.A. 1962. México 1985. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos.
- Soil and Plant Analysis Council Inc. 1999. Soil analysis handbook of reference methods. CRC Press.
- Tah Ivit, J.F. 1988. El análisis químico de suelos 1ra. Edición. Universidad Autónoma Chapingo.
- United States. Soil Conservation Service. 1976. Investigación de suelos: Métodos de laboratorio y procedimientos/1ra. edición en español. Ed. Trillas. México.
- Warren, F. 1975. Manual de laboratorio de física de suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Costa Rica

EFFECTO DE HIDROCARBUROS EN CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Díaz de León Díaz de León Jesús¹, De la Garza Requena Francisco R.¹, Castro Meza Blanca I.¹, Carreón Pérez Alejandro¹, Rivera Ortiz Patricio¹, Castro Mancilla Yudith V.¹
División de Estudios de Posgrado e Investigación. Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas¹. diazdeleonjesus@hotmail.com

Resumen

Un sitio contaminado es aquel con presencia de componentes que no son naturales del sitio, tal como la contaminación por hidrocarburos, que se presenta con frecuencia en México y que puede resultar en daño o pérdida de algunas funciones básicas del suelo como sus características físico químicas entre otras. Se han observado, afectaciones al pH, conductividad eléctrica (C.E.) y contenido de carbono orgánico (C.O.). El objetivo del trabajo fue determinar la afectación de las características del suelo cuando se presenta una contaminación por dos tipos de hidrocarburos: aceite y diesel. Se llevó a cabo un experimento a nivel de laboratorio; con cinco tratamientos en cinco repeticiones: T1) Testigo, T2) Suelo + Aceite, T3) Suelo + Aceite + NP, T4) Suelo + Diesel y T5) Suelo + Diesel + NP; se utilizó suelo agrícola que se contaminó ex profeso, con 10% en peso con aceite y/o diesel. El experimento duró 60 días, donde se observaron variaciones en el pH, C.E. y contenido de C.O. del suelo. T2 ocasionó que el pH variara de 7.6 a 7.0, la C.E. de 0.48 a 0.62 mmhos/cm, el C.O. de 2.26 a 9%; con el T4 el pH varió de 7.6 a 7.01, la C.E. de 0.48 a 0.56 mmhos/cm, y el C.O. de 2.26 a 5%. Los parámetros considerados fueron afectados por los dos contaminantes, siendo más marcado el efecto que produjo el aceite. Se concluye que los hidrocarburos en estudio, producen variaciones importantes en las características del suelo que pueden afectar su funcionamiento.

Palabras clave: *Contaminación, aceite, diesel*

Abstract

A contaminated site is that the presence of natural components which are not of the site. As oil pollution which occurs frequently in Mexico, this may be in harm or loss of some basic soil functions, such as physical and chemical characteristics. Have been observed, affecting the pH, electrical conductivity (C.E.) and organic carbon content (C.O.). The objective was to determine the effect on soil characteristics when there is a contamination of two types of hydrocarbons oil and diesel. Carried out an experiment on a laboratory scale, with five treatments in five replicates: 1) Control 2) Soil & Oil, 3) Soil + oil + NP 4) Soil + Diesel and 5) Soil + Diesel + NP; agricultural land was used expressly to be contaminated, with 10% by weight oil and / or diesel. The experiment lasted 60 days, where they observed changes in pH, C.E. and content of C.O. soil. Results: Soil & Oil, pH ranged from 7.6 to 7.0, C.E. ranged from 0.48 to 0.62 mmhos/cm, C.O. from 2.26 to 9% Soil+Diesel pH ranged from 7.6 to 7.01, C.E. ranged from 0.48 to 0.56 mmhos/cm, the C.O. from 2.26 to 5%. The parameters considered in this experiment were affected by the two pollutants, being more marked the effect of the oil produced in these soil characteristics. It is concluded that the hydrocarbons in the study, significant variations in soil characteristics that may affect its operation.

Key Words: *Pollution, oil, diesel*

Introducción

La contaminación del suelo, generada por derrames de hidrocarburos, hace necesario estudiar el efecto que éstos tienen en el suelo, ya que el daño ambiental que se produzca va a depender de la composición química del hidrocarburo y de la concentración final de esta sustancia en el suelo.

El efecto negativo de los hidrocarburos en el suelo, como ya se mencionó, depende entre otras causas, del tipo de hidrocarburo, la cantidad y del estado del mismo, tiempo de exposición, factores ambientales y la sensibilidad de los organismos del ecosistema impactado, afectando la fertilidad a través de mecanismos

como toxicidad directa a los organismos en el suelo, reducción en la retención de humedad y/o nutrientes, compactación, así como cambios en pH y salinidad (Adams *et al.*, 2008).

Cuando los hidrocarburos se vierten en el suelo, una característica que determina su infiltración es la viscosidad, de manera que los productos más viscosos como los aceites, permanecen en las capas superficiales del suelo, alojándose como gotas en los poros o pueden ser adsorbidas por la materia orgánica y la arcilla (Fine *et al.*, 1997); mientras que los combustibles como el diesel, por su menor viscosidad, penetra inmediatamente el suelo (Chiou *et al.*, 1998), donde varios factores como la solubilidad de algunos compuestos en el agua, la volatilidad e interacción con los componentes del suelo contribuyen a la dispersión del agente contaminante; los hidrocarburos de alta viscosidad, permanecen en mayor medida sobre el suelo, ocasionando cambios químicos sobre este por efecto de las radiaciones solares, la pérdida de la humedad y la acción de la naturaleza misma del contaminante (Saval, 1995).

El derrame de hidrocarburos al suelo da como resultado el deterioro de sus características naturales (Stamatiadis *et al.*, 1999), tales como el pH y la C.E., lo cual se refleja en la actividad biológica, y enzimática del suelo y la producción de CO₂, (de la Garza *et al.*, 2008).

Ortíz *et al.* (2003), señaló que algunas propiedades químicas del suelo también se afectan, debido al aumento del carbono orgánico, proveniente de los hidrocarburos. El pH es una de estas propiedades que se altera por acumulación del carbono orgánico y la generación de ácidos orgánicos (SEMARNAP, 1996). García *et al.* (2006) agregan que también se puede presentar una moderada, alta o extrema salinidad, lo que hace necesario algún tratamiento de recuperación del suelo, tal como la biorremediación. Estos hidrocarburos también provocan incrementos importantes en el contenido de materia orgánica, como consecuencia de la oxidación de los hidrocarburos (Martínez y López, 2001).

El objetivo del trabajo fue determinar la afectación que se presenta en las características del suelo cuando se presenta una contaminación por dos tipos de hidrocarburos: aceite y diesel.

Materiales y Métodos

Este ensayo formó parte de un trabajo de investigación que sobre biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos, que se está realizando en la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la U.A.T. Se llevó a cabo un experimento en laboratorio, en el cual las unidades experimentales fueron charolas de plástico conteniendo 5 kilogramos de suelo. El suelo perteneció a una parcela agrícola y fue contaminado ex profeso, con 10% en peso con aceite y/o diesel.

Se aplicaron cinco tratamientos en cinco repeticiones: T1) Testigo, T2) Suelo + Aceite, T3) Suelo + Aceite + NP, T4) Suelo + Diesel y T5) Suelo + Diesel + NP. La humedad del suelo se mantuvo al 50% de su capacidad de retención de agua. El ensayo duró 60 días, en los cuales se observaron las variaciones en el pH, C.E. y contenido de carbono orgánico del suelo.

Resultados y Discusión

Se observó que hubo efecto de los hidrocarburos en estudio, aceite y diesel, en los parámetros considerados en este estudio.

Como se puede observar en la Figura 1, la contaminación por hidrocarburos produjo una disminución en los valores de pH del suelo en los tratamientos que incluían solamente el hidrocarburo, esto se debe a la acumulación del carbono orgánico y la generación de ácidos orgánicos (SEMARNAP, 1996). Sin embargo en el caso de los tratamientos que incorporaron fertilizantes (NP) los valores de pH fueron ligeramente superiores al testigo debido a la presencia de las sales de nitrógeno y fosforo añadidas.

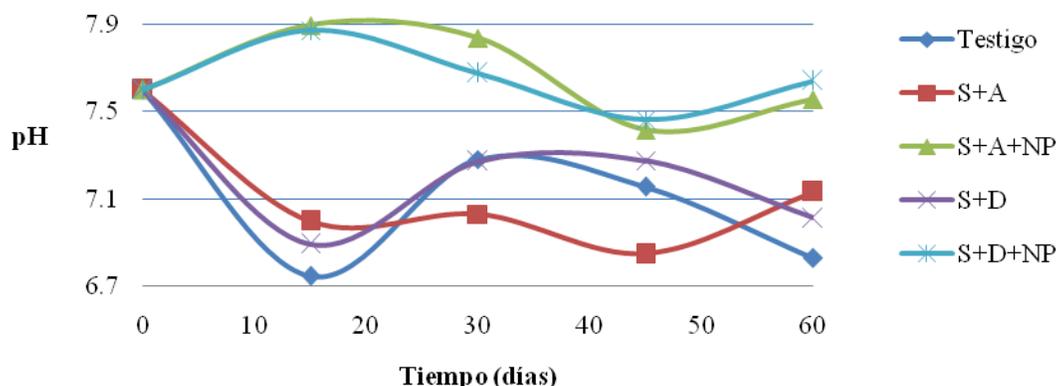


Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el pH del suelo

Con respecto a la C.E. se observó que la presencia de los hidrocarburos produjeron un aumento en los valores de ésta, debido al contenido de sales que presentan los hidrocarburos (García *et al.*, 2006). Es notorio el efecto de las sales aplicadas como fertilizante (NP) en los valores de este parámetro (Cuadro 1)

Cuadro 1. Efecto de la contaminación por hidrocarburos en el pH, la C.E. y el carbono orgánico del suelo.

Tratamientos	Parámetros		
	pH	C.E. (mmols/cm)	Carbono orgánico (%)
Suelo	7.6	0.480	2.26
Suelo + Aceite	7.1	0.620	9.0
Suelo + Aceite+ NP	7.66	2.84	9.87
Suelo + Diesel	7.01	0.560	5.0
Suelo + Diesel + NP	7.65	2.07	5.99

Los valores de carbono orgánico aumentaron con la presencia de los hidrocarburos. El 75% del carbono de los hidrocarburos es oxidable (Ortíz *et al.*, 2003), se observó que el carbono contenido en el diesel es más fácil de degradar por los microorganismos del suelo (García *et al.*, 2006; Adams *et al.*, 2008) en comparación con el contenido en el aceite (Cuadro 1). La diferencia en los valores de carbono orgánico estuvo definida por la oxidación biológica que se presentó en los suelos contaminados con uno u otro hidrocarburo, ya que esta depende, entre otras causas, de su composición química (Riojas *et al.*, 2010).

Conclusiones

Los hidrocarburos afectan las características naturales del suelo, en este caso fueron más marcados los efectos producidos por el aceite en comparación con los producidos por el diesel, que es más fácil de degradar. Las variaciones en las características del suelo que se presentaron, pueden afectar la sustentabilidad de las funciones específicas que el suelo, tales como, el soporte de la vida en la biósfera.

Literatura Citada

- Adams, R. H., J. Zavala-Cruz, y F. Morales-García, (2008). Concentración residual de hidrocarburos en suelos del trópico. II: Afectación a la fertilidad y su recuperación. *Interciencia* 33:483-489.
- Chiou, C. T., S. E. McGroddy and D. E. Kile. (1998). Partition characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons on soils. *Environmental Science Technology* 32: 264-269.
- De la Garza R., F.R., Y.P. Ortiz, B.A. Macías, C. García y D. Coll. 2008. Actividad biótica del suelo y la contaminación por hidrocarburos. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 4: 49-54.
- Fine, P., E.R. Graber and B. Yaron. (1997). Soil interactions with petroleum hydrocarbons: Abiotic processes. *Soil Technology*. 10:133-153.

- García-López E., J. Zavala-Cruz y D. Palma-López. (2006). Caracterización de comunidades vegetales en área afectada por derrames de hidrocarburos. *Terra Latinoamericana* 24:17-26.
- Martínez M., V.E. y F. López S. (2001). Efecto de hidrocarburos en las propiedades físicas y químicas de suelo arcilloso. *Terra* 19: 9-17.
- Ortíz B. O., I. Ize L., y A. Gavilán G. 2003. La restauración de suelos contaminados con hidrocarburos en México. Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT. *Gaceta Ecológica* No. 69: 83-92
- Riojas G., H. H.; Torres B., L.G.; Mondoca F., I.; Balderas C., J.J y Gortáres M., P. (2010). Efectos de los surfactantes en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Química Viva* 3:122-132.
- Saval B., S. (1995). Acciones para la remediación de suelos en México. Segundo Minisimposio Internacional sobre Contaminantes del Agua y Suelo. Instituto de [Ingeniería](#). UNAM. México. 27 p.
- SEMARNAP (1996). Los suelos de Tabasco. Restauración, conservación y uso. Gobierno Constitucional de Tabasco. México. 209 p.
- Stamatiadis S., J.W. Doran, and T. Kettler. 1999. Field and laboratory evaluation of soil quality changes resulting from injection of liquid sewage sludge. *Applied Soil Ecology* 12: 263 – 272

MATRIZ DE CORRELACIÓN ENTRE EL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA Y METALES PESADOS EN SUELOS CON BIOSÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE PUEBLA, PUE. MÉXICO

Chavarin Pineda Yaselda¹, Tamaríz Flores J. Víctor² Castelán vega Rosalía².

¹ Posgrado en Ciencias Ambientales. ICUAP. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. yaschp@hotmail.com

² Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas. ICUAP. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Resumen

En el municipio de Puebla se producen alrededor de 140 toneladas de biosólidos al día por lo que su disposición final resulta costosa y complicada, como una alternativa para su aprovechamiento se propone su aplicación en suelos erosionados, la cual que ayudaría a mejorar las características físicas y químicas del suelo debido al gran aporte de materia orgánica y otros nutrientes. Sin embargo la aplicación de biosólidos como mejorador de suelos puede incorporar además de nutrientes, algunos metales que en alta concentración pueden ocasionar daños a la salud humana y a los recursos naturales, por lo que resulta necesario procurar la existencia de éstos en las cantidades mínimas, tanto en suelo como en tejidos vegetales. El presente trabajo determinó la relación existente entre el contenido de materia orgánica y metales pesados en suelos que han sido tratados con biosólidos. Se seleccionaron 4 áreas de baja fertilidad al sur del municipio de Puebla. Las muestras de suelo se analizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 en sus especificaciones para evaluar la fertilidad. En la cuantificación de metales pesados se utilizó la espectrofotometría de absorción atómica previa extracción con DTPA, y para conocer la relación entre éstos y el contenido de materia orgánica se utilizó el paquete estadístico R-Commander. Los resultados muestran que existe alta correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y los metales Níquel, Plomo y Zinc. Por lo que concluimos que el aumento en la cantidad de materia orgánica puede aumentar la cantidad de algunos metales en el suelo.

Palabras clave: Biosólidos, Metales, Suelos

Abstract

Puebla produces about 140 tons of biosolids per day, its disposal is expensive and complicated, so is proposed the usage of this matter in a different way that is meant to be used at eroded soils which would help to improve the physical and chemical soil properties, due to the large contribution of organic matter and other nutrients from the biosolids, but the application of those as a soil nutrient can also incorporate some metals in high concentrations that could damage human health and natural resources, so is necessary to monitor the amounts of these in plant tissues and soil. This paper shows the relationship between organic matter and heavy metals in soils that have been treated with biosolids. For which we selected 4 low fertility areas in the southern zone of Puebla, then we analyzed the soil samples with biosolids under NOM-021-SEMARNAT-2000 according to the specifications of fertility. Quantification of heavy metals was performed by an atomic absorption spectrometry with a previous extraction with DTPA. To understand the relationship between the content of organic matter and heavy metals we used the statistical package R-Commander. The result shows that there is a high positive correlation between organic matter and metals like Nickel, Lead and Zinc. We conclude that the rising amount of organic matter can increase the amount of some metals in soil.

Keywords: Biosolids, metals, soil

Introducción

Los biosólidos son ricos en materia orgánica, nitrógeno y fósforo y esto los hace potencialmente útiles como fertilizantes. Además mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo como la densidad, estructura, porosidad, retención de agua, pH, capacidad de intercambio catiónico, entre otros; todo lo cual puede reflejarse en un incremento en el rendimiento de los cultivos (Sposito, 1989). En el municipio de Puebla, Pue.; se producen alrededor de 140 toneladas diarias de biosólidos en las distintas plantas de

tratamiento de aguas residuales (PTAR) y estos biosólidos pueden ser utilizados para fertilizar y disminuir la degradación de suelos agrícolas dedicados a la siembra de maíz y así lograr aumentar la productividad de los cultivos y favorecer la economía local. Sin embargo el contenido de metales pesados puede ser un factor limitante para la aplicación de biosólidos en suelos agrícolas (Logan *et al.* 1997). Entre los metales pesados más comúnmente encontrados están Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, y Pb. Algunos de ellos como el Cu y el Zn son elementos esenciales para la planta y su deficiencia puede provocar problemas en los cultivos, mientras que si se encuentran en exceso implican riesgos de toxicidad, los restantes de la lista no tienen funciones fisiológicas reconocidas y su presencia en el suelo significa un riesgo potencial, ya sea para las plantas o para los consumidores (Costa *et al.* 1987). El objetivo de este trabajo fue conocer la relación entre la cantidad de materia orgánica y el contenido de metales pesados, ya que los cambios producidos por la incorporación de nutrientes modifica las características del suelo e incorporar formas de metales pesados más disponibles para los cultivos y poder ser incorporados a las cadenas alimenticias de animales y del hombre.

Materiales y Métodos

Cuatro parcelas de 10 000 m² localizadas al sur del municipio de Puebla fueron tratadas con una dosis de 150 toneladas de biosólidos (base Húmeda), generados de la PTAR Atoyac Sur en ciclo primavera verano del 2010. Una vez incorporados al suelo mediante arado, fueron muestreadas a una profundidad de 30 cm. Cada muestra compuesta estuvo formada de 12 muestras individuales. Las muestras se analizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 en sus especificaciones para fertilidad. Para conocer el contenido de metales disponibles en el suelo se realizó una extracción con DTPA y posteriormente se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica. Para determinar la relación entre el contenido de materia orgánica y la cantidad de metales pesados se utilizó el paquete estadístico R-Commander.

Resultados y Discusión

Los resultados de las pruebas muestran que los suelos tratados con biosólidos poseen características adecuadas de fertilidad (Cuadro 1). Presentando una textura arenosa y arenarcillosa; los valores de pH son moderadamente ácidos, contenidos de nitrógeno son y de P son muy altos; los valores de materia orgánica fueron de altos a muy altos, lo que se debe a la incorporación de los biosólidos. La CIC también presenta valores de alta a muy alta. En el cuadro 2. Se presentan los valores de las bases intercambiables, para K los valores son de medios a altos, para Mg son de bajos a medios y para Ca de medios a altos.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los suelos con biosólidos

	%Arena	%Limo	%Arcilla	% N	% M.O.	CIC Cmol (+) Kg ⁻¹	pH	P ppm
1	56	26	18	4.29	3.5	15.0	6.05	55.60
2	50	42	8	4.2	7.0	19.0	6.3	38.72
3	48	18	34	3.15	4.3	18.5	6.5	76.54
4	40	6	54	4.2	12.4	27.5	6.5	44.52

Cuadro 2. Contenido de Bases Intercambiables en los suelos con biosólidos

	Bases del Suelo Cmol (+) Kg ⁻¹		
	K	Mg	Ca
1	0.35	1.3	8.60
2	0.80	0.8	12.15
3	0.52	1.02	6.07
4	0.78	2.35	9.38

El contenido de metales pesados en suelos se muestra en el Cuadro 3, la matriz de correlación se realizó con estos datos y el contenido de materia orgánica, en tanto que en el Cuadro 4 se presentan las correlaciones entre los contenidos de materia orgánica y los metales pesados.

Cuadro 3. Contenido de Metales Pesados en Suelos con biosólidos

	Metales Pesados (ppm)						
	Pb	Fe	Cu	Ni	Cr	Mn	Zn
1	0.04	1.97	1.31	0.47	0.03	3.7	1.45
2	1.44	9.61	106	1.25	0.01	9.84	71.27
3	2.66	2.63	14.79	1.27	0.01	5.7	7.75
4	5.12	5.31	30.78	2.29	0.01	1.08	20.16

Cuadro 4. Matriz de Correlación entre el contenido de materia orgánica y metales pesados en suelos tratados con biosólidos

	Coeficientes de Correlación						
	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
%MO	0.033	0.27	0.44	-0.658	0.962	0.85	0.829

En las Figuras 1, 2 y 3 se presentan los diagramas de dispersión de materia orgánica contra los metales Pb, Zn y Ni, en donde se observa una correlación positiva entre ellos, lo que indica que la materia orgánica puede favorecer la acumulación y disponibilidad de algunos metales pesados.

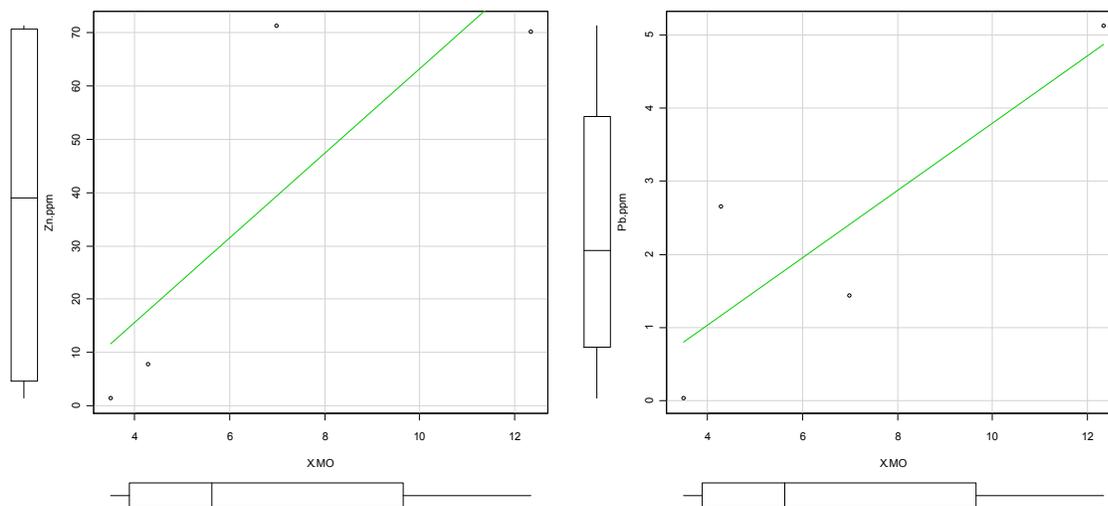


Figura 1 y 2. Gráficos de dispersión entre la materia orgánica y metales Pb y Zn.

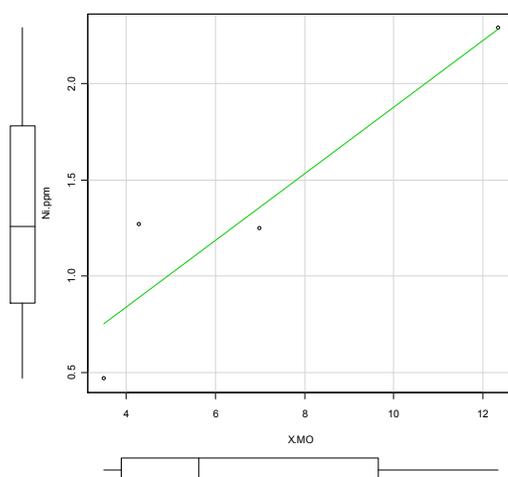


Figura 3. Gráfico de dispersión entre la materia orgánica y el metal Ni.

Conclusiones

Los suelos tratados con biosólidos muestran características de fertilidad adecuadas para su aprovechamiento agrícola.

Se observó correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y los metales Plomo, Níquel y Zinc.

Un alto contenido de materia orgánica puede favorecer el aumento o disposición de metales pesados en suelos que han sido tratado con biosólidos.

Es necesario monitorear la cantidad de nutrientes que pueden modificar las características del suelo y así transformar los metales pesados en formas más disponibles para los cultivos.

Literatura Citada

- Costa F., Hernández M.T. y Moreno J.I. 1987. Factores limitantes de la utilización agrícola de los lodos residuales. En: Utilización agrícola de los lodos de depuradora. CSIC. Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura. Murcia, España. 41-60.
- Logan T.J., Lindsay B.J., Goins L.E. y Ryan J.A. 1997. Field Assessment of sludge metal bioavailability to crops: sludge rate response. *J. Environ. Qual.* 26: 534-550.
- Sposito G. 1998. *The Chemistry of Soils*, química de suelos, Oxford University Press.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones para fertilidad del suelo, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

PRESENCIA DE METALES Cd, Cu Y Ni EN CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca Sativa* L.) TRATADO CON BIOSÓLIDO

Ortíz González Ma. Teresa¹. Tamariz Flores José Victor². Lazcano Herrero Ma. Eugenia¹

¹Instituto Tecnológico de Puebla. E-mail: maytete@gmail.com. ²Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas –ICUAP de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Resumen

Se presenta un estudio preliminar de la detección de Cu, Ni y Cd en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) después de ser cultivada en invernadero con tres tratamientos (T1, T2 y T3) en diferente relación suelo: biosólido (1:1, 3:1 y 1:3, respectivamente) y en un tratamiento testigo compuesto con suelo (To). Se analizaron los metales asimilables Cu, Cd, y Ni en los tratamientos con DTPA y su contenido en hojas, tallo y raíz de la lechuga se determinó mediante el método de digestión ácida (Ácido Nítrico/Peróxido de Hidrógeno) a los 60 días de desarrollo. En cuanto al contenido de metales en las diferentes partes de la planta se encontró que el Cobre tuvo mayor acumulación en la raíz, la concentración de Níquel varió en cada tratamiento y la de Cadmio se encontró distribuida en toda la planta para todos los tratamientos. Finalmente se concluye que el tratamiento que presentó menor riesgo para la aplicación de los biosólidos en la lechuga es T2 en función al contenido de los metales bajo estudio.

Palabras clave: biosólidos, metales pesados, lechuga

Abstract

Was performed a preliminary study to evaluate heavy metals (Cu, Ni and Cd) in lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at greenhouse on three treatments (T1, T2 and T3) with different soil: biosólido rates (1:1, 3:1 and 1:3) and a control treatment consisting with soil. Assimilable metals Cu, Cd and Ni were analyzed in the treatments with DTPA and its content in leaf, stem and root of lettuce was determined by the acid digestion (nitric acid/hydrogen peroxide) method to the 60 days of development. The metals present in different parts of the plant was found that Copper had a greater accumulation in root, the concentration of Nickel varied in each treatment and Cadmium was found distributed throughout the plant for all treatments. Finally it concludes that the treatment with reduced risk to the implementation of biosolids in the lettuce is T2 based on the content of metals under study.

Key words: biosolids, heavy metals, lettuce

Introducción

Los biosólidos son materiales ricos en nutrientes que resultan del tratamiento de las aguas residuales domésticas en una planta de tratamiento. Son un recurso benéfico, pues contienen gran cantidad de materia orgánica y elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, por lo que pueden ser usados en viveros, jardines, productores de mezclas de suelo, parques, producción de hortalizas, frutas y plantas ornamentales (Ozores Hampton *et al.*, 2010, Celis J. *et al.*, 2009 y Utria *et al.*, 2008). Sin embargo, dicha aplicación presenta algunos aspectos negativos, tales como la presencia de microorganismos y de metales pesados (MP) derivados de los procesos fisicoquímicos que intervienen en los tratamientos de aguas residuales, los cuales representan su principal factor limitante. De acuerdo a Williams (1991) citado por Akrivos *et al.* (2008) y Cuevas G. (2004), los metales pesados son divididos en dos grupos: (a) zinc, cobre, níquel y cromo que son fitotóxicos y pueden afectar el crecimiento de los cultivos y (b) plomo, cadmio, mercurio y molibdeno que son normalmente no tóxicos para las plantas pero pueden ser perjudiciales para animales que ingieren el cultivo tratado. El uso agrícola de los biosólidos es una práctica establecida y aceptada en EE.UU. (Maguirre *et al.*, 2000 citado en Uribe H. 2002 y Jurado P. *et al.*, 2007), sin embargo en México, el porcentaje de biosólidos al que se le da un uso benéfico aún es muy bajo, puesto que gran parte de los lodos generados en las plantas tratadoras de aguas residuales son descargados en sistemas de alcantarillado, en cuerpos de agua o dispuestos en vertederos a cielo abierto sin ningún tratamiento para su aprovechamiento, por lo que uno de los problemas a resolver es encontrar

la vía de eliminación o utilización más viable de estos residuos, para provocar el menor impacto al ambiente. Actualmente, los biosólidos generados en las plantas tratadoras del Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Puebla (SOAPAP) han sido aplicados en algunos terrenos agrícolas de la zona sur de la ciudad para la producción del maíz y se ha observado que ha traído significantes beneficios en la mejora de la fertilidad de los suelos y en la producción del maíz. Sin embargo aún falta por explorar otros tipos de cultivos de interés regional, es por ello que el objetivo de este trabajo es la evaluación del efecto de los biosólidos en la lechuga (*Lactuca sativa* L.) en función del contenido de Níquel, Cadmio y Cobre para su posible aplicación en el campo.

Materiales y Métodos

Muestreo de biosólido y suelo. El biosólido utilizado proviene de la PTAR de Atoyac sur de la cual se tomó una muestra, misma que se seco y molió. El suelo se tomó de la comunidad de San Andrés Azumiatla, zona de temporal ubicada al sur del municipio de Puebla. Se trata de un suelo con baja fertilidad de uso Agrícola intensivo en donde se ha cultivado maíz, la muestra fue secada a temperatura ambiente y a la sombra. Tamizada en malla de acero inoxidable del número 10. Se almacenaron adecuadamente para realizar análisis fisicoquímicos. Preparación de tratamientos, para la aplicación de biosólido al suelo, se tomó el criterio de límite de carga anual de contaminante, tomando como base de cálculo la cantidad máxima de biosólido que se viene aplicando al suelo del municipio San Andrés Azumiantla (140 ton/ha) para cultivo de maíz, por lo que se propuso aplicar tres diferentes dosis en la mezcla suelo/biosólido más una que está conformada sólo por suelo, con las siguientes relaciones en macetas de prueba:

To es el "testigo" con relación 1:0. (3kg de suelo sin adición de biosólido).

T1 mezcla relación 1:1 (1.5 kg suelo: 1.5 Kg biosólido)

T2 mezcla relación 3:1 (2.25 kg suelo: 0.75 kg biosólido)

T3 mezcla relación 1:3 (0.75 kg suelo: 2.25 Kg biosólido)

Para cada tratamiento se sembraron 2 plántulas de lechuga de la variedad *Cool Guard* en bolsas de polietileno con capacidad de 3 kg (32 cm X 16.5 cm) se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento. El experimento se estableció en un invernadero tipo rústico (transpatio) que es de nivel tecnológico bajo según la clasificación de Rijkb P. (2001) citado en Bastia A. *et al*, (2006). La manera en que se colocaron los tratamientos para el cultivo fue de bloques completos al azar. La forma de riego para estas plantas fue cada tercer día con un volumen aproximado entre 500 ml y 800 ml por cada planta. Análisis fisicoquímicos realizados a los tratamientos: pH, Conductividad Eléctrica [dS/m], Materia Orgánica [%]. Extracción de metales para determinar: Pb, Cr, Mn, Zn, Fe, Cu, Cd, y Ni por el método DTPA (Lindsay y Norvel 1978). Las metodologías fueron según la NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio y muestreo. Análisis de Plantas. El contenido de Cu, Cd, y Ni en hojas, tallo y raíz se determinó mediante el método de digestión ácida (Ácido Nítrico/Peróxido de Hidrógeno). La determinación de los metales se realizó por EAA. Los resultados de los análisis realizados en el biosólido se presentan en la tabla 1.

Resultados y Discusión

Tabla 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos del biosólido.

Parámetro	Valor
pH 1:2/suelo:agua	7.3
Conductividad eléctrica [dS/m]	1.9
Materia Orgánica [%]	13.04
Manganeso [ppm]	4.1
Hierro [ppm]	145
Cadmio [ppm]	2
Níquel [ppm]	167
Plomo [ppm]	305
Cromo [ppm]	1
Zinc [ppm]	1800
Cobre [ppm]	176

Los resultados indican que estos biosólidos no rebasan los límites máximos permisibles de los metales según la NOM-004-SEMARNAT-2002, y que corresponden a un biosólido tipo B. Por lo cual se pueden aplicar a los suelos con el fin de mejorar sus propiedades y elevar el contenido de nutrientes.

Las propiedades fisicoquímicas y el contenido de metales pesados en los diferentes tratamientos se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Análisis fisicoquímico y contenido de metales pesados de los tratamientos

Parámetro	To	T1	T2	T3
pH 1:2/ suelo:agua	7.22	7.21	7.15	7.17
Conductividad eléctrica [dS/m]	0.51	0.66	0.85	0.97
Materia Orgánica [%]	6.64	8.88	7.26	12.91
Manganeso [ppm]	10	4.88	3.5	4.1
Hierro [ppm]	13.88	62.2	86.6	145.8
Cadmio [ppm]	0.08	1.7	1.48	1.4
Níquel [ppm]	3.88	4.38	5.22	11.14
Plomo [ppm]	6.84	15.56	15.58	7.4
Cromo [ppm]	0.02	0.16	0.18	0.14
Zinc [ppm]	21.4	186	141	196.4
Cobre [ppm]	2.34	9.48	11.14	3.52

El pH en los tratamientos no cambió con la adición de los biosólidos. La conductividad eléctrica se vio ligeramente afectada debido al contenido de sales en los biosólidos. La materia orgánica se incrementó en comparación con el contenido inicial, esto es más notorio en los tratamientos T1 y T3 por tener más biosólido, por lo que tuvieron un efecto de aumentar la fuente de micronutrientes como el Fe, Cu, Zn y Mn. En cuanto al contenido de elementos tóxicos en el suelo como lo es Cd, Pb y Ni se encuentran en niveles bajos de acuerdo con los valores sugeridos de la NOM-021-SEMARNAT-2000 por lo que no presentó ningún riesgo para el buen desarrollo de la lechuga.

Las concentraciones de Cobre, Níquel y Cadmio de la lechuga adquiridos por los diferentes tratamientos se muestran a continuación en las Figuras 1, 2 y 3.

Como se puede observar en las Figuras, el contenido de Cu se presentó más en la raíz de la lechuga, siendo el tratamiento T1 el más destacado. Por otro lado, el porcentaje de concentración de Ni varió en todos los tratamientos, en el tratamiento T3 se aprecia que el Ni tiene lugar sólo en la hojas de la lechuga

en comparación con los tratamientos T1 y T2 donde el Ni se presenta más en raíz y en hoja mientras que en T0 se encuentra distribuido en toda la planta. En cuanto al contenido de Cd se puede notar que tuvo lugar en toda la planta, siendo T1 el tratamiento que mostró mayor contenido en las hojas y T3 el tratamiento que mostró más acumulación en el tallo, por lo que se puede decir que la lechuga es un buen acumulador de elementos traza.

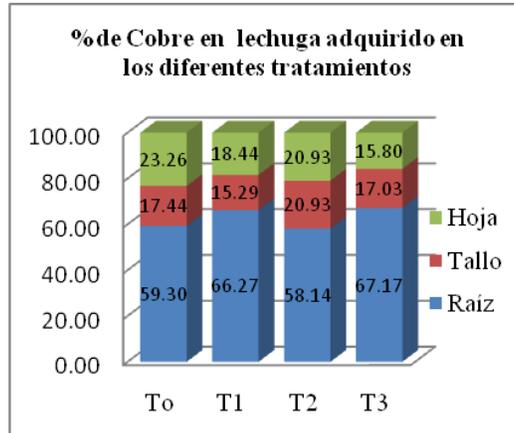


Figura. 1 Representación gráfica del contenido de Cobre en lechuga.

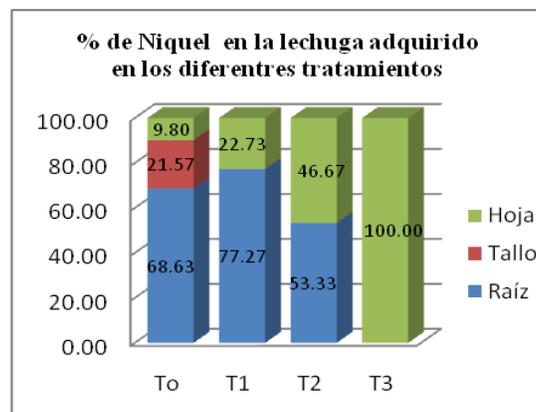


Figura. 2 Representación gráfica del contenido de Níquel en lechuga.

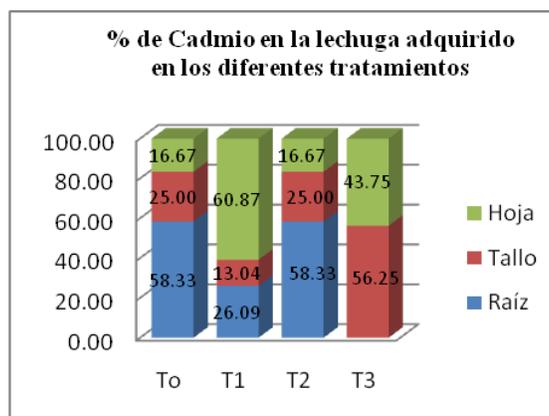


Figura 3. Representación gráfica del contenido de Cadmio en lechuga.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, de los tratamientos que se aplicaron para el cultivo de la lechuga, el tratamiento que mostró condiciones favorables para que este cultivo crezca con el menor riesgo en fitotoxicidad fue T2, debido a que presentó niveles bajos significativos de toxicidad de Cadmio. A pesar de que la lechuga se desarrolló mejor en los tratamientos T1 y T3 por la cantidad de nutrientes disponibles y de materia orgánica, se encontró que tuvo mayor acumulación de Cd, Ni y Cu en raíz, tallo y hojas, por lo que es necesario continuar el estudio con otras dosis de biosólidos para determinar la mejor tasa suelo: biosólido que no cause impactos negativos al ambiente ni a la salud pública, así como analizar cada metal en las diferentes partes de la planta.

Literatura Citada

- Akrivos, J., K. Mamais, Katsara and A. Andreadakis. (2008). Agricultural utilization of lime treated sewage sludge. *Rev. Water Science and Technology* 42: 203-210.
- Bastia A., A. Domínguez y L. Villaseñor. (2006). Manejo y Operación de Invernaderos Agrícolas. Universidad Autónoma de Chapingo. Libro Técnico AGRIBOT. México.
- Celis J., M. Sandoval, E. Zagal y B. Briones. (2009). Efecto de la adición de biosólidos urbanos y de salmonicultura sobre la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un suelo patagónico. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 6:13-25
- Cuevas G. y I. Walter. (2004). Metales pesados en Maíz (*Zea mays* L.) cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost de lodo residual. *Rev. Int. Contam. Ambient.* 20:59:68
- Jurado P., T. Arredondo, E. Flores, V. Olalde y J. Frías. (2007). Efecto de los biosólidos sobre la humedad y los nutrimentos del suelo y la producción de forraje en pastizales semiáridos. *Rev. TERRA Latinoamericana*, 25:211-218
- Lindsay W. y W. Norvell. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421-428
- Ozores Hampton M. y J. Mendez (2010). Uso de Biosólidos en Producción de Hortalizas. Departamento de Horticultural Sciences. Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de la Florida.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambientes y Recursos Naturales). NOM-004-SEMARNAT-2002. Protección ambiental-Lodos y Biosólidos-Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambientes y Recursos Naturales). NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio y muestreo
- Uribe H., G. Hernández, N. Chávez y M. Espino. (2002). Los biosólidos como mejoradores de suelos agrícolas y avances de su evaluación en la región de Delicias. Folleto para Productores. 7:11-15, CEDEL-INIFAP. México.
- Utria E., M. Inés, J.A. Cabrera, D. Morales y S. Goffe. (2008). Los biosólidos de aguas residuales urbanas aplicados con diferentes frecuencias en las propiedades químicas y microbiológicas del suelo, el rendimiento y la calidad de los frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill). *Cultivos tropicales.* 29: 5-11

CONTAMINACION DEL SUELO POR ACEITE AUTOMOTRIZ USADO EN CIUDAD VICTORIA, TAMAULIPAS

Urbizu González Ana Lucia¹, Andrade Limas Elizabeth Del Carmen¹, De la Garza Requena Francisco Rafael¹ y Macías Hernández Bárbara Azucena¹.

Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. E-mail: anaurbizu@hotmail.com

Resumen

En México, la generación de residuos va en aumento, lo cual representa un grave peligro para la población y el medio ambiente. Los aceites lubricantes usados son considerados residuos peligrosos, por sus características y manejo inadecuado, afectan al medio ambiente y pueden dañar la salud de la población; la principal fuente de generación son los talleres de mantenimiento de vehículos automotrices. El trabajo tiene como objetivo, estimar la cantidad de aceite automotriz usado y determinar su presencia en el suelo cuando es vertido por los talleres de mantenimiento de vehículos, del sector centro de ciudad Victoria, y así conocer el problema ocasionado al suelo por la contaminación con aceites, generados en los talleres. Se aplicó una encuesta y la guía de observación, para cuantificar las cantidades de aceite automotriz usado y la disposición que realizan los talleres con los residuos. Los resultados de las encuestas y de la observación se presentan en una base de datos y los valores promedio de sus características físicas y su distribución. Cerca del 50% no cuentan con piso de concreto, y sólo 35% realiza almacenamiento de los aceites usados, de éstos el 90%, desconoce su destino. Los aceites usados generados en la zona, corresponden principalmente a vehículos que generan cantidades bajas o moderadas, representando apenas el 1% de la cantidad estimada para el municipio. Existen riesgos de que sean derramados al suelo en áreas cercanas a la zona debido al manejo de los mismos.

Palabras clave: *Aceite usado, Contaminación del suelo, Talleres automotrices*

Abstract

In Mexico, waste generation is increasing, which poses a serious danger to people and the environment. Used lubricating oils are considered hazardous waste, its characteristics and inadequate management, affect the environment and can damage the health of the population, the main source of generation are the maintenance shops for motor vehicles. The study aims to estimate the amount of used motor oil and determine their presence in the soil when it is discharged by the vehicle maintenance workshops, the center of Ciudad Victoria area, and so know the problems caused by soil contamination oils generated in the workshops. A survey was the observation, to quantify the amounts of used motor oil and conducting workshops available for waste. The results of the surveys and observation guide are presented in a database and the average values of their physical characteristics and distribution. About 50% do not have concrete floors, and only 35% make storage of oils, of those 90% unknown destination. There are risks that are poured on the ground in areas close to the area due to their management.

Keywords: *Used oil, soil contamination, Vehicle maintenance workshops*

Introducción

Durante el período del año 2004 al 2010, en México se generaron 1'378,298 toneladas de residuos peligrosos, de los cuales 159,772 toneladas son aceites lubricantes usados, cantidad que representa un 12% de la generación total (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010). Se estima que en México se generan anualmente 299,000 toneladas de aceites usados (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 2000). Estos aceites son considerados como residuos peligrosos, y deben de sujetarse a un plan de manejo en donde puedan ser evaluados por su valor económico y energético, es decir, que pueden ser aprovechados como insumos en actividades productivas; de lo contrario, requieren de tratamiento o disposición final conforme a la normatividad correspondiente (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2007). Los aceites usados son residuos peligrosos debido a sus características de inflamabilidad y toxicidad (Basel Convention, 1997), además de su persistencia y

características para distribuirse en grandes áreas de agua y suelo, ocasionando daños significativos por la degradación en la calidad del medio ambiente (Martínez, 2005; Trujillo y Suntaxi, 2009), por los metales pesados y aditivos químicos que contienen. El principal problema que causan al estar en contacto con el suelo, es en la disminución de la fertilidad (Carballo y Guillen, 1998).

La contaminación del suelo se presenta en forma directa en los talleres de mantenimiento de vehículos, por el vertido sin control, sea de forma accidental o continúa de los aceites utilizados durante las actividades de mantenimiento de vehículos, las cuales se realizan diariamente y sin tener un contenedor para captar dichos aceites, y se vierte directamente al suelo no pavimentado, en mal estado o deteriorada (roturas, fisuras, hundimientos, etc.) (García, 2003), por lo que contamina el subsuelo por infiltración, y los cauces de agua por escurrimiento o arrastre, en épocas de lluvia (Martínez, 2005). La contaminación del suelo, de manera indirecta es frecuente hoy en día debido a que los talleres regalan a la población, el aceite que desechan, para ser utilizados como herbicidas o contener el polvo en caminos de terracería. Prácticas que traen como consecuencia la destrucción del humus vegetal y de los microorganismos presentes, provocando la infertilidad del suelo (Trujillo y Suntaxi, 2009), y efectos en la salud. Además, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (2009), hace referencia que un litro de aceite usado contamina aproximadamente 4,000 m² de suelo.

Materiales y Métodos

La población objeto de estudio fue el sector centro de ciudad Victoria, del municipio del mismo nombre en el estado de Tamaulipas, México, conformada por 60 talleres automotrices en donde se realiza mantenimiento de vehículos (pequeños, medianos y grandes), dispersos en diferentes puntos de este sector. Para obtener la información, se realizaron visitas en donde a los responsables y/o propietarios de los talleres de vehículos, se les aplicó un cuestionario previamente codificado, sobre los aspectos generales del taller, tales como tiempo de establecidos, número de empleados, cantidad y tipo de vehículos atendidos, así como la cantidad y el tipo de servicios que realizan; se eligió a estas personas por ser agentes claves y tener mayor información sobre el establecimiento. Durante la visita, se realizó la inspección visual, cuya información fue registrada en una guía de observación, con información relevante sobre las condiciones e infraestructura del taller, manejo y disposición de los aceites automotrices usados.

Los resultados de las encuestas y de la guía de observación se presentan en una base de datos y los valores promedio de sus características físicas y su distribución estuvo relacionada con el número y tamaño de los vehículos. Las variables a evaluar fueron: cantidad de aceite generado y disposición del aceite automotriz usado.

Resultados y Discusión

En el 93% de los talleres se realizan actividades en las que se genera aceite automotriz usado, estas actividades incluyen, el mantenimiento preventivo y/o afinación mayor, por lo tanto, para fines de esta investigación, de los 60 talleres visitados en la zona de estudio, sólo se incluyó la información de 56 talleres automotrices, dejando fuera cuatro, debido a que no generan estos residuos, ya que no realizan servicios de mantenimiento o afinación, solamente otras actividades como reparación de frenos o del sistema eléctrico.

En la población estudiada se realizan en promedio 20 mantenimientos preventivos o afinaciones al mes, por lo que, de acuerdo con las consideraciones realizadas por Ubiratán en el año 2002, de que cada vehículo genera una producción promedio de seis litros de aceite usado en cada mantenimiento. Bajo esta consideración, en el sector centro de ciudad Victoria se generan, mensualmente, 5,760 litros de aceite automotriz usado.

Los talleres objeto de estudio se clasificaron por el tipo y número de vehículos que atienden, y con ello por la cantidad de aceites usados que generan, por lo que se obtuvieron tres niveles generadores de aceite

usado (bajo, moderado y alto). En la mayoría de los talleres (75%), se da asistencia técnica a vehículos que producen un bajo nivel de aceite usado, ya que en promedio generan cuatro litros por cada cambio de aceite, y una porción mínima de talleres, atienden vehículos que generan en promedio 21 litros de aceite usado por cada mantenimiento (3%). Sin embargo, los automóviles de nivel bajo y moderado de contaminación, en conjunto generan mayor cantidad de aceites usados que los altamente contaminantes (Cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentaje por tipo de vehículos según el nivel de contaminación que generan por lo emisión de aceite automotriz usado que atienden los talleres de mantenimiento de vehículos.

Tipo de vehículo	Porcentaje de talleres que atienden en su mayoría este tipo de vehículos
Bajo (4 y 6 cilindros)	75
Moderado (8 cilindros)	20
Alto (camiones con capacidad mayor a 3 toneladas)	3

En cuanto a las características físicas de los talleres de servicio automotriz, el mayor porcentaje de talleres cuenta con piso de suelo o grava, lo cual implica que al existir derrames de aceites usados, se infiltra directamente en el suelo, en el caso de los talleres con piso de concreto y debido a las escorrentías, puede llegar a contaminar alguna fuente de abastecimiento de agua y representar un riesgo para la salud de la población (Figura 1). Solamente tres talleres de los 56 talleres visitados cuentan con la infraestructura adecuada para los cambios de aceite, es decir, dentro de su infraestructura se encuentra una fosa para la captación del aceite quemado generado y evitar, así que se derramen y se salgan de control, llegando a contaminar el suelo o verterse directamente en las alcantarillas, contaminando aún más las aguas residuales.

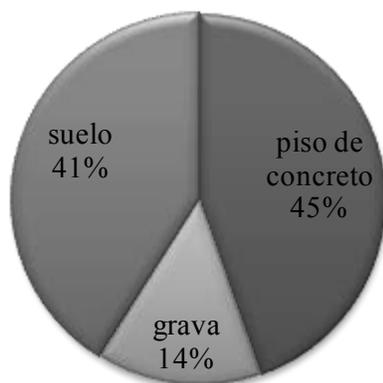


Figura 1. Tipo de piso encontrado en los talleres de servicio automotriz, Victoria, Tamaulipas. 2011.

En cuanto al manejo de los aceites usados, sólo un 35% de los talleres los almacena; de este porcentaje, más del 90% lo regala a personas que lo utilizan para realizar prácticas inadecuadas o los lleva al mercado informal tales como regar caminos y control de maleza. Es decir, los informantes clave coincidieron en que algunos comerciantes recolectan los aceites desde los talleres de servicios automotriz, para utilizarlos en la agricultura como herbicidas; en el tratamiento de madera contra la destrucción causada por insectos

y hongos; en la producción de bloques de cemento como antiadhesivo en los moldes de madera, y en los caminos de terracería donde se riega para evitar el levantamiento del polvo, todos ellos causando contaminación.

El 90% de los talleres, incluyendo el porcentaje que realiza el almacenamiento, desconoce su destino final, sólo el 10% restante, tiene documentado el destino final de los aceites usados que se generan.

Conclusiones

Los aceites automotrices usados en la zona centro de ciudad Victoria corresponden principalmente a vehículos que generan bajas o moderadas cantidades de estos aceites, y representan apenas el 1% de la cantidad en todo el municipio.

Cuando los aceites usados generados en la zona de estudio, se derraman en el suelo debido a las actividades realizadas en los talleres y al manejo de los mismos, llegan a afectar la productividad de los suelos de áreas cercanas, además de contaminar por infiltración o arrastre, corrientes de agua subterráneas y superficiales.

De no tomarse las medidas de control y correctivas en los centros de servicios automotriz de la zona de estudio y considerando que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos menciona que un litro de aceite usado contamina aproximadamente 4,000 m² de suelo, la cantidad generada de aceite automotriz usado fue de 5,760 litros, por lo puede contaminar hasta 2,304 hectáreas de suelo.

Literatura Citada

- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA). 2009. Juego de Herramientas de Aceite Usado. EPA. Estados Unidos. 17 p.
- Basel Convention. 1997. Technical Guidelines on Used Oil Re-refining or Other Re-uses of Previously Used Oil. Ginebra. 56 p.
- Carballo S., A. y E., Guillen A. 1998. Los aceites lubricantes usados en el municipio de Benito Juárez, Q. Roo, y su repercusión en el entorno. Ciencia y desarrollo. 24: 63-67.
- García M., V.J. 2003. Análisis de la gestión ambiental en el sector de talleres de reparación de vehículos. Revista interdisciplinaria de gestión ambiental. 53:13-24.
- Martínez, J. 2005. Guía para la gestión integral de residuos peligrosos Fichas temáticas: Tomo II. Centro Coordinador de Basilea para América Latina y el Caribe. Uruguay. 140 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2007. Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Diario Oficial de la Federación. México. Fecha de publicación 19-07-2007.
- Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente (SEMARNAT). 2010. Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Base de Datos Estadísticos. México.
- SEMARNAP. 2000. Manual de Buenas Prácticas de Manejo para los Aceites Automotrices Usados. Instituto Nacional de Ecología. México. 21 p.
- Trujillo C., J.V. y R.O, Suntaxi LL. 2009. Levantamiento del Catastro de Generadores, Diseño de un Plan de Recolección y Alternativas para la Disposición Final de los Aceites Usados en el Cantón Rumiñahui-Provincia de Pichincha. Tesis de Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador. 123 p.
- Ubiratan E., P. 2002. Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y México respecto a los cinco elementos claves para el manejo ambiental de lubricantes usados. REPAMAR. 154 p

BIORREMEDIACIÓN DE MATERIALES DEL SUBSUELO CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS

Patricio Rivera O., Francisco de la Garza R., Blanca I. Castro M. y Elizabeth C. Andrade L.
Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas.
E-mail: lida@uat.edu.mx

Palabras clave: Restauración, recortes, hidrocarburos

Introducción. La perforación de pozos para la extracción de gas natural genera grandes cantidades de recortes de perforación contaminados con hidrocarburos en la Cuenca de Burgos, la cual es una región ubicada en el noreste de México. Estos materiales pueden ser procesados a través de diversos tratamientos para su restauración pero en la mayoría de los casos se consumen elevadas cantidades de combustibles y se emiten sustancias dañinas al ambiente, sin lograrse una eliminación total de los contaminantes. El uso de métodos de biorremediación permite reducir la concentración de los hidrocarburos en estos materiales hasta un nivel permitido sin la generación de compuestos nocivos. El objetivo de este trabajo fue ensayar un suelo de la zona Centro del estado de Tamaulipas, como fuente de microorganismos capaces de descomponer los hidrocarburos impregnados en recortes de perforación de pozos y evaluar el efecto del nitrógeno y fósforo sobre la descomposición de los hidrocarburos.

Materiales y Métodos. Se llevó a cabo un experimento de campo constituido por celdas de biorremediación de 1.0 x 1.2 x 0.4 m donde se vertieron e incubaron, por un año, mezclas de suelo y recortes de perforación contaminados con hidrocarburos, procedentes de pozos de extracción de gas natural. La proporción de ambos materiales en estas mezclas fue de 1:1. Para esto se utilizó un suelo de uso agropecuario del municipio de Güemes. Con base en el contenido de carbono orgánico medido por el método de Walkley-Black, se adicionaron urea y fosfato monoamónico a las mezclas en cantidades suficientes para inducir en ellas una proporción C:N:P de 100:10:1, a fin de aportar estos nutrientes esenciales para los microorganismos del suelo. Las mezclas vertidas en las celdas se mantuvieron a un nivel de humedad equivalente al 50% de la capacidad de campo por un periodo de 12 meses y se removieron una vez al mes dentro de cada celda para favorecer la aireación y por lo tanto la descomposición de los hidrocarburos.

Resultados y Discusión: La concentración de hidrocarburos disminuyó 60% cuando los recortes se incubaron en las celdas por seis meses en mezcla con el suelo; más aún, cuando se adicionó nitrógeno y fósforo a la mezcla el nivel de hidrocarburos disminuyó 85%, llegando hasta 3000 mg kg⁻¹ de hidrocarburos totales, que es el límite permitido en los suelos por la Norma Oficial Mexicana, NOM-138-SEMARNAT/55-2003. Durante los seis meses siguientes la disminución en el contenido de hidrocarburos fue muy pequeña. Por lo anterior se deduce que el suelo estudiado aportó los microorganismos capaces de descomponer satisfactoriamente los hidrocarburos presentes en los recortes de perforación y que este efecto fue significativamente mayor cuando se agregaron fertilizantes nitrogenado y fosforado a las mezclas.

Conclusión: El suelo estudiado es una fuente satisfactoria de microorganismos para llevar a cabo la descomposición de los hidrocarburos impregnados en los recortes de perforación de pozos. Para lograr la biorremediación de los recortes contaminados, éstos deben mezclarse con el suelo en proporción de 1:1, adicionar nitrógeno y fósforo e incubarse en celdas por al menos seis meses bajo las condiciones indicadas.

Literatura Citada.

- NOM-138-SEMARNAT/SS-2003. Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación. D. O. F. 29 de marzo de 2005. México. <http://www.bdlaw.com/assets/attachments/Mexico%20-%20NOM-138.pdf>
- Walkley, A. and Black, I. A. 1932. An examination of the Degjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. J. Amer. Soc. Agron. 24:256-275.

FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO, CADMIO Y ARSÉNICO

Salazar Sosa Enrique^{1*}, Hernández Espinoza Miguel A.³, Urbina Martínez Miguel A.², Luna Anguiano Jesus², Herrera González Carmen³ y Núñez Chavarría María de Jesus³

¹Maestro-investigador de Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED, ²Alumno de Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, (UJED), ³Alumno de Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable (FAZ- UJED).

*E-mail: miguel_ahc@yahoo.com.mx

Resumen

Se definen como "metales pesados" aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g cm^3 cuando están en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). (Navarro-Aviñón *et al.*, 2007). Estos son un grave problema ambiental, debido a que se encuentran de manera persistente en diferentes sitios, por lo que se vuelve peligroso para el ser humano y los animales agravando su salud. (Yoon *et al.*, 2006, Milner y Kochian, 2008). La investigación se realizó en el campo experimental de la UAAAN-UL, los factores de estudio fueron tres tratamientos: Zacate ballico (*Lolium perenne* L.), Zacate Navajita (*Bouteloua gracilis* L.), y Alfalfa (*Medicago sativa* L.) con diferente número de semillas, se utilizaron 10 repeticiones midiendo en 4 etapas los gramos de semilla por cultivo y su número de población. Los resultados mostraron contenidos de metales pesados en el suelo que exceden los límites máximos permisibles según la norma oficial NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, La muestra de suelo presentó concentraciones totales de Pb (4245 mg kg^{-1}), Cu (2600 mg kg^{-1}), Cd (1600 mg kg^{-1}) As (100 mg kg^{-1}). Se evaluaron 4 tratamientos los cuales son testigo (suelo sin planta), alfalfa (*Medicago sativa* L.), zacate ballico (*Lolium perenne* L.) y zacate navajita (*Bouteloua gracilis* L.). La evaluación del contenido de metales pesados en el suelo postratamientos reveló una disminución de los metales pesados. En los tratamientos con plantas los contenidos de metales pesados se encontraron por encima de los límites máximos permisibles según la norma oficial.

Palabras claves: Suelo, fitorremediación, metales pesados, alfalfa, zacate navajita, zacate ballico.

Introducción

Se definen como "metales pesados" aquellos elementos químicos que presentan una densidad igual o superior a 5 g cm^3 cuando están en forma elemental, o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalino-térreos). (Navarro-Aviñón *et al.*, 2007). La polución de la biosfera con metales tóxicos tiene dramáticamente acelerada a la ciencia desde los comienzos de la revolución industrial (Memonet *et al.*, 2001). Los metales pesados son un grave problema ambiental, debido a que se encuentran de manera persistente en diferentes sitios, por lo que se vuelven peligrosos para el ser humano y los animales agravando su salud. (Yoon *et al.*, 2006, Milner y Kochian, 2008). La estrategia de fitorremediación puede ofrecer enfoques adecuados para la descontaminación de suelos, el agua, y el aire contaminado por metales traza, así como las sustancias orgánicas. La hiperacumulación de metales pesados por las plantas superiores es un fenómeno complejo. Se trata de varios pasos, tales como: (a) el transporte de metales a través de la membrana plasmática de células de la raíz, (b) la carga del xilema y el traslado, y (c) la desintoxicación y el secuestro de los metales en toda la planta y los niveles celulares. La mayoría de los metales pesados tienen una baja movilidad en el suelo, y no son fácilmente absorbidos por las raíces de las plantas (Xiao-Yang *et al.*, 2005). En la ciudad de Torreón, Coahuila, se han presentado casos de contaminación por metales, donde se detectaron altos niveles de plomo en sangre humana en la zona circundante a un complejo metalúrgico (Yarto, 2010). El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad de las unidades biológicas: alfalfa, (*Medicago sativa* L.), zacate ballico (*Lolium perenne* L.) y zacate navajita (*Bouteloua gracilis* L.), para acumular metales pesados como plomo, cobre, cadmio y el metaloide arsénico, que se encuentran presentes en el suelo del predio de MET MEX Peñoles ubicado en la ciudad de Torreón, Coahuila.

Materiales y Métodos

Localización geográfica del área de estudio

La región lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de México. Se encuentra ubicada en las coordenadas latitud norte 25° 33'25" y 103° 21'57" de longitud Oeste. La ciudad de Torreón, Coahuila, se encuentra a 1137 metros sobre el nivel del mar, la región cuenta con extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan áreas agrícolas y urbanas. El Campus universitario se ubica en el periférico Raúl López Sánchez que conduce a Gómez Palacio, Durango y carretera a Santa Fe km 15 en Torreón Coahuila, México.

Preparación del sitio de experimentación

El suelo se obtuvo de MET MEX PEÑOLES preparando 40 macetas (a tres cuartas partes de su capacidad), a las cuales se les introdujo en bolsas de polietileno de 10 x 8 x 20 cm para recolectar los lixiviados durante el periodo de experimentación. Se comenzó por colocar el suelo en un sitio cercano al invernadero del departamento de horticultura de la UAAAN-UL para preparar las macetas, se emplearon guantes y caretas para evitar aspirar el polvo. Posteriormente se realizó la nivelación del área de experimento removiendo la maleza y retirando los escombros del área de estudio,

Espacio de exploración

Se asignó la nomenclatura a cada maceta en etiquetas preparadas para resistir las inclemencias del tiempo en base a los bloques de diseño al azar. Se colocaron las macetas en el sitio experimental, se colocaron en líneas de 4 cada una con 10 macetas, con un espacio entre macetas de 50 cm en cada línea y con un espacio entre cada repetición de 25 cm. Al momento de sembrar se agregó un elemento controlado al azar en los bloques sorteados, por cada repetición de tratamiento se asignó un número determinado de tapas de botellas de plástico las cuales contenían:

Figura 1. Variación del número de semillas.

Tratamientos	Repetición	Nº de tapas	g/Semilla alfalfa.	Nº de Población
ALFALFA	I,II,III	1	4.1	894
	IV,V,VI	2	8.5	1853
	VII,VIII,XI	3	13.5	2943
	X	1.5	2.8	610
			g/Semilla. ballico	Nº de Población
BALLICO	I,II,III	1	2.3	685
	IV,V,VI	2	4.9	1205
	VII,VIII,XI	3	7.4	2205
	X	1.5	1.4	385
			g/Semilla navajita	Nº de Población
NAVAJITA	I,II,III	1	0.4	240
	IV,V,VI	2	0.9	540
	VII,VIII,XI	3	1.3	780
	X	1.5	0.3	180

Siembra de las semillas en las macetas

En el mes de junio se llevó a cabo la siembra de la alfalfa (*Medicago sativa* L.), zacate ballico (*Lolium perenne* L.) y zacate navajita (*Boutelouagrácilis*L.), en las macetas. Las semillas se dispersaron abarcando la mayor superficie del suelo de cada maceta, seguidamente se colocó una capa de suelo contaminado de 0.5 cm para cubrir las semillas y subsecuentemente humedecerlo con el agua del departamento de horticultura de la UAAAN, UL.

Análisis de suelo pretratamiento y postratamiento.

Con el objetivo de saber en qué condiciones estaba el suelo en el cual se realizaría el experimento se analizaron las variables del suelo como se indica en la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000, por cada uno de los periodos, esto durante el desarrollo del experimento y para determinar las concentraciones de plomo, cobre y cadmio.

Análisis de metales pesados en agua de riego

Para el análisis de agua se siguió el método sugerido por la NOM-127-SSA1-1994 para posteriormente leer la concentración de metales pesados en el espectrofotómetro de absorción atómica *Perkin Elmer*. Inicialmente se tomaron 100 mililitros de muestra, la cual se concentró a un volumen final de 30 mililitros.

Resultados y Discusión.

Contenido de metales pesados en el agua de riego

El cadmio en el agua de riego excede el límite máximo permisible según la norma LMP-NOM-127-SSA1-1994. El alto contenido de Cd en el agua posiblemente se presentó como un residuo arrastrado desde el sitio de distribución del agua de la universidad, esto indica la probabilidad de que exista una fuente de cadmio en las tuberías que distribuyen el agua en la UAAAN, UL.

Figura 2. Resultado de las concentraciones de metales pesados en agua de la UAAAN UL.

Elemento	Conc. en agua de riego (mg/L)	LMP-NOM-127-SSA1-1994 (mg/L)
Pb	no detectado	0.010
Cd	0.177	0.005
As	no detectado	0.050

Contenido de metales pesados en suelo.

En la figura tres se muestra que los contenidos de metales pesados en el suelo son sumamente altos, siendo el Pb el metal con mayor concentración en este suelo (4245 mg Kg^{-1} de Pb), lo cual se relaciona directamente con el tipo de trabajo que la empresa realiza en este predio, de donde se extrajo la muestra. Kuzovkina *et al.*, (2009), argumenta que el plomo es uno de los contaminantes más comunes de suelo y es considerado a ser uno de los más importantes causantes de polución en el medio ambiente.

Figura 3. Resultado del contenido de metales pesados en el suelo.

Análisis de contenido de metales pesados en suelo		
Elemento	Contenido (mg Kg^{-1})	LMP (mg Kg^{-1}) NOM-127-SSA1-1994.
Pb	4245	750
Cd	1460	450
As	100	260
Cu	2600	-----

Contenido de plomo en raíz, tallo, hoja en las plantas.

La figura cuatro muestra la presencia de plomo en concentraciones muy altas en las plantas evaluadas. La alfalfa presenta más contenido de plomo que los zacates tan solo en dos meses.

Figura 4. Resultados de los contenidos de plomo en las plantas.

Plomo mg Kg ⁻¹				
Tratamiento	Parte de planta	1er corte 30 Días	2° corte 60 Días	3er corte 90 Días
Alfalfa	Raíz	0080	0760	*
	Tallo	3135	0515	*
	Hoja	0410	0105	*
	Σ	3625	1380	0
Z. Ballico	Raíz	0190	0400	1925.0
	Tallo	-----	0505	356.40
	Hoja	0995	0130	299.75
	Σ	1185	1035	1925
Z. Navajita	Raíz	0895	0158	228.25
	Tallo	-----	0077	134.75
	Hoja	0720	0042	720.50
	Σ	1615	0277	1083.5

*=la alfalfa no persistió debido a un efecto toxico, el cual se reflejó con síntomas de necrosis celular y muerte masiva de plantas en las demás repeticiones.

Análisis del contenido de cadmio en raíz, tallo, hoja en las plantas.

Los contenidos de cadmio en alfalfa son moderados, durante los primeros treinta días estos son mayores en comparación con los contenidos de cadmio a sesenta días en relación con un número de plantas establecidas de 894 y 2943 respectivamente. Los contenidos de cadmio en zacate ballico son más estables y estos se relacionan con la regresión lineal del análisis estadístico. Mientras que los contenidos de cadmio en zacate navajita son elevados y se relacionan con un número alto de plantas establecidas durante los periodos de treinta y noventa días (780 y 540 plantas respectivamente). Los resultados indican que a las plantas de zacate navajita les toma más tiempo de lo pensado en absorber cantidades altas de este metal, por lo cual pudiera suceder la opción de incrementar el número de plantas de esta especie para absorber concentraciones más altas de este elemento.

Figura 5. Resultados de los contenido de cadmio en las plantas por periodos.

Cadmio mg Kg ⁻¹				
Tratamiento	Parte de planta	1er corte 30 Días	2° corte 60 Días	3er corte 90 Días
Alfalfa	Raíz	190	175	*
	Tallo	190	97.5	*
	Hoja	255	205	*
	Σ	635	380	0
Z. Ballico	Raíz	275	80.85	148.5
	Tallo	-----	112.2	107.25
	Hoja	65	120	145.75
	Σ	340	313.05	401.5
Z. Navajita	Raíz	250	62.5	173.25
	Tallo	-----	58.75	178.75
	Hoja	250	61.25	214.5
	Σ	500	182.5	566.5

*=la alfalfa no persistió debido a un efecto toxico, el cual se reflejó con síntomas de necrosis celular y muerte masiva de plantas en las demás repeticiones.

Análisis del contenido de arsénico en raíz, tallo, hojas en las plantas.

Los resultados muestran que las concentraciones de arsénico en las plantas son muy altas en comparación con los contenidos iniciales en el suelo antes de iniciar los tratamientos. En él las raíces y tallos del zacate ballico se presentaron los contenidos de arsénico más altos. Las hojas de todas las plantas presentaron contenidos de arsénico muy altos durante los primeros periodos en relación con un mínimo número de plantas establecidas, sobre todo de alfalfa y zacate ballico. Se comprobó con el análisis estadístico un mínimo grado de error experimental para el zacate navajita ($P < 0.01$), se demostró gran significancia en el modelo que considera al plomo como variable dependiente en relación a la absorción del arsénico por parte del zacate.

Figura 6. Resultado de los contenidos de arsénico las plantas por periodos.

		Arsénico mg Kg ⁻¹		
Tratamiento	Parte de planta	1er corte 30 Días	2º corte 60 Días	3er corte 90 Días
Alfalfa	Raíz	50	50	*
	Tallo	50	25	*
	Hoja	50	50	*
	Σ=	150	125	0
Z. Ballico	Raíz	50	66	27.5
	Tallo	----	82.5	16.5
	Hoja	50	25	27.5
	Σ=	100	91	27.5
Z. Navajita	Raíz	50	12.5	27.5
	Tallo	----	12.5	27.5
	Hoja	50	12.5	27.5
	Σ=	100	37.5	82.5

*=la alfalfa no persistió debido a un efecto toxico, el cual se reflejó con síntomas de necrosis celular y muerte masiva de plantas en las demás repeticiones.

Conclusiones

Se demostró con este trabajo de experimentación que la alfalfa (*Medicago sativa* L.) es capaz de absorber grandes contenidos de metales pesados (3625mg Kg⁻¹) los cuales se presentan en mayor concentración dentro de los tallos (3135 mg Kg⁻¹), el zacate ballico (*Lolium perenne* L.) es capaz de absorber ligeras concentraciones de metales pesados (Pb=1925 mg Kg⁻¹, Cu=1665 mg Kg⁻¹, Cd=401.5 mg Kg⁻¹ y As=100 mg Kg⁻¹) y el zacate navajita (*Bouteloua gracilis* L.) es capaz de absorber mínimas concentraciones de metales pesados en sus tejidos (Pb= 1615 mg Kg⁻¹, Cu= 1700 mg Kg⁻¹, Cd= 566.5 mg Kg⁻¹ y As= 100 mg Kg⁻¹). Conjuntamente se confirma la hipótesis que considera a la alfalfa como la planta que absorbe las más altas concentraciones de metales pesados del suelo.

Bibliografía

- Kuzovkina J., C. Schulthess., T. Morris., D. Pettinelli y O. Zhivotovsky 2009. Pilot phytoremediation of lead contamination at the Mukluk site, Town of Sprague. Final Report to the Town of Sprague, CT. Department of Plant Science The University of Connecticut Storrs, CT06269. 3-37.
- Memon A. R., D. Aktoprakligil., A. Özdemir., y A. Vertii. 2001. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanisms in Plants. Turk J. Bot. N° 25. 111-121.
- Milner M. J. Y L. V. Kochian. 2008. Invited Review. Investigating Heavy-metal Hyperaccumulation using *Thlaspi caerulescens* as a Model System. Annals of Botany N° 102. pp3-13.
- Navarro-Aviñó J. P., I. Aguilar Alonso., y J. R. López-Moya. 2007. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Ecosistemas Vol. 16 N° 2.
- Xiaoe Yang, Ying Feng, Zhenli He, y P. J. Stoffella. 2005. REVIEW Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 18 (2005) 339-35. ELSEVIER.
- Yarto M. (en línea) 2007. Disponible en: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/467/yarto.html>. Consultado 2010.
- Yoon J., X. Cao., Q. Zhou., y Q. L. Ma. 2006 Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Sci. Total Environ. N° 368. 456-464.

DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO Y METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DEL RÍO NAZAS

Urbina Martínez Miguel A^{1*}, Luna Anguiano Jesus¹, García Perales Linda Azalia², Hernández Espinoza Miguel A.³, Calzada Colchado Karen Goreti⁴ y Ruedas Alba Cynthia Dinorah⁴

¹Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, ²Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED,

^{3y4}Alumnos de maestría y licenciatura de la Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED.

*E-mail: Ing_urbina77@hotmail.com.

Resumen

Los sedimentos forman parte importante de todo cuerpo de agua, en ellos se acumulan contaminantes tales como los metales pesados, los cuales provienen principalmente de fuentes antropogénicas como son los desechos provenientes de la agricultura, la minería y la industria quienes son en parte responsables de los cambios que han sufrido las características de suelo y agua, fuentes de formación de los sedimentos. El presente estudio se realizó con el objetivo de determinar la concentración de metales pesados (Pb, Cu, Zn, Cd) y de arsénico (As) en los sedimentos presentes en el Río Nazas y realizar una comparación de las concentraciones con los límites máximos permisibles establecidos en la normatividad internacional ya que en México no existe normatividad referente a sedimentos. Se realizaron dos muestreos, el primero en abril del 2006 y el segundo en agosto del mismo año. En ambas etapas se colectaron muestras de sedimento de siete puntos. Para determinar la concentración de metales pesados se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica modelo Perkin Elmer 2380, el cual es un aparato muy utilizado para el estudio cuantitativo de casi todos los metales de la tabla periódica. Con base en los resultados obtenidos, se observó la presencia de plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), cadmio (Cd), nitratos (NO₃) y materia orgánica. Se determinó que el metal encontrado en mayor concentración es el zinc, la más alta se presentó en el sitio de León Guzmán en la segunda etapa con un valor de 79.2 ppm. Los valores encontrados de metales pesados fueron inferiores a los límites máximos permisibles establecidos por las normas internacionales con la que se compararon (EPA y Holanda). La presencia de metales encontrados en el presente trabajo es posible que se deba a las fertilizaciones excesivas que se aplican a los cultivos que se desarrollan en las comunidades aledañas al río.

Palabras Clave: metales Pesados, Sedimentos, Cuerpos de Agua.

Summary

The sediments are an important part of any body of water, they accumulate contaminants such as heavy metals, which come mainly from anthropogenic sources such as waste from agriculture, mining and industry who are partly responsible for the changes that have taken the characteristics of soil and water sources of the formation of sediments. This study was conducted in order to determine the concentration of heavy metals (Pb, Cu, Zn, Cd) and arsenic (As) in sediments in the Rio Nazas and a comparison of concentrations with the maximum permissible limits established international norms and that in Mexico there are no regulations concerning sediment. We conducted two surveys, the first in April 2006 and the second in August of that year. In both phases of sediment samples were collected seven points. To determine the concentration of heavy metals used atomic absorption spectrophotometer Perkin Elmer model 2380, which is a device widely used for the quantitative study of almost all metals of the periodic table. Based on the results, we observed the presence of lead (Pb), copper (Cu), zinc (Zn), cadmium (Cd), nitrates (NO₃) and organic matter. It was determined that the metal is found in higher concentrations of zinc, the highest is present at the site of Leon Guzman in the second stage with a value of 79.2 ppm. The values of heavy metals were lower than the maximum permissible limits set by international standards which were compared (EPA and Holland). The presence of metals found in this study may be due to excessive fertilizer applied to crops grown in the communities surrounding the river.

Keywords: Heavy metals, Sediments, Water Bodies.

Introducción

El inicio de la revolución industrial a finales del siglo XVIII marco un importante desarrollo tanto socioeconómico como cultural debido al implemento en tecnologías que facilitan al hombre las actividades diarias. El uso de los avances tecnológicos en nuestros días se refleja como un descontrolado manejo de recursos naturales, lo que provoca un serio problema de contaminación ambiental. Los sistemas acuáticos como parte del medio ambiente han sido dañados a través del tiempo por la influencia de actividades humanas principalmente la industria y la agricultura. La biota marina y los sedimentos son afectados por la presencia de materiales ajenos al ambiente acuático. Los sedimentos depositados e inmovilizados a causa de la erosión en un cuerpo de agua son excelentes trampas para la captación de contaminantes provenientes de fuentes naturales y antrópicas lo que trae consigo un problema secundario de contaminación al lugar. El arsénico y los metales pesados forman parte de contaminantes captados por los sedimentos, para que los metales sean absorbidos deben existir factores como la temperatura, salinidad, tamaño del sedimento, concentración de materia orgánica, contenido de carbonatos, profundidad y la disposición en que se encuentren los metales ya sea en su forma iónica o elemental; una vez que los elementos son capturados pueden ser liberados nuevamente a causa de la descomposición bacteriana de la materia orgánica y los factores de captación, lo que provoca que estén disponibles para la biota donde una vez que son absorbidos se acumulan y contribuyen a la contaminación a través de la cadena trófica y al usar el agua como sistema de riego para cultivos tomando en cuenta que existen metales pesados disponibles de igual manera se causa biomagnificación (Buykx *et al.*, 2002 y García-Rico *et al.*, 2004). Algunos de los metales pesados son indispensables para procesos metabólicos de plantas, animales y para el hombre pero solo en pequeñas cantidades, si se llega a niveles mayores de los tolerables para el organismo se manifiestan a corto mediano o largo plazo alteraciones severas que pueden producir hasta la muerte tales como afectación en el sistema renal, reproductivo, nervioso, enfermedades vasculares, bronquitis, cáncer de diferentes tipos, enfisema, infertilidad, afecciones neurológicas, entre otras. En la comarca lagunera se encuentra ubicado el Río Nazas, factor importante para la economía agropecuaria de la región, donde se supone la presencia de arsénico y metales pesados atrapados en los sedimentos del río debido a que existen áreas agrícolas y mineras en zonas cercanas al cauce del mismo, las cuales se ven como fuentes importantes de contaminantes de metales pesados. Por lo anterior, se planteó la realización del presente trabajo de investigación. El Río Nazas se encuentra en una cuenca endorreica, se forma a partir de la confluencia del Río Sixtín y el Río Ramos, se inicia en el Estado de Durango hasta su desembocadura en la Laguna de Mayrán en el Estado de Coahuila, recorriendo una distancia total de 360 kms con una superficie de 100,000 km². Sus principales afluentes son: Río San Juan, Río del Peñón, Arroyo de Naitcha, Arroyo de, y a lo largo de su cauce se encuentran las presas —Izaro Cárdenas” y —Francisco Zarco” (SAGARPA, 2001), y actualmente el río Nazas termina su cauce en la represa San Fernando. En la cuenca alta del Río se muestra un gradiente o pendiente excesivo que es poco sinuoso, y por lo mismo altamente erosivo y en esta porción se producen los sedimentos que se depositarán en la parte baja de la cuenca. (Valencia-Castro, 2005).

Materiales y Métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de suelos ubicado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna, en el municipio de Torreón, Coahuila, México. Con el objetivo de evaluar los niveles y distribución de metales pesados (Cd, Pb, Cu, Zn) y arsénico (As) en los sedimentos del río Nazas se contemplaron dos etapas: La de abril del 2010 (Etapa I) y la de agosto del 2010 (Etapa II). Los sitios de muestreo son conocidos como: la posta, Villa Juárez, Represa León Guzmán, sitio León Guzmán, la Loma, Cañón de Fernández y campamento.

Determinación de los sitios de muestreo

Las muestras obtenidas se tomaron en las siete represas, mismas que se localizan a lo largo del cauce del Río Nazas, entre los puntos de la represa Villa Juárez a una altura de 1141 m. 25° 30' 20.4" latitud norte, 103° 35' 40" longitud oeste y el Cañón de Fernández a una altura de 1180 metros sobre el nivel del mar 25° 21' 01" latitud norte y 103° 44' 25.4" longitud oeste.

Toma de muestras

El muestreo se realizó utilizando la técnica al azar por triplicado en cada uno de los siete puntos, la primera toma de muestras se obtuvieron en el mes de abril del 2010 y la segunda en el mes de agosto del mismo año. Para la localización geográfica se utilizó un sistema de posicionamiento global (GPS) extrem, marca garmin, 12 canales.

Preparación de la muestra

Se tomaron las muestras en bolsas de plástico de 1 kg de capacidad y se transportaron en hieleras para después ponerlas a secar y una vez que perdieron la humedad se tamizaron para posteriormente realizar los análisis respectivos.

Características ecológicas del sitio

En la Comarca Lagunera, Aguirre (1981), reporta un clima seco desértico con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 241.9 mm anuales y una temperatura media anual es de 21.5 °C con rangos de 33.7 como máximo y 7.5 como mínimo. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm y presenta una humedad relativa variada de acuerdo a la estación del año, con 31 % en Primavera, 47 % en Verano, 58 % en Otoño y 40 % en invierno (CNA, 1999).

Análisis químico del sedimento

En las muestras de sedimentos se determinaron análisis Físico Químicos.

Análisis de metales pesados y arsénico

Para llevar a cabo los análisis de los metales pesados en el sedimento de las localidades estudiadas se utilizaron 5 g de la muestra de cada sitio y éstas se leyeron directamente en el espectrofotómetro de absorción atómica modelo Perkin Elmer 2380. Para obtener la concentración de Arsénico en el sedimento se utilizó el test marca Merk.

Análisis estadístico

Para los siete puntos de muestreo se realizó un análisis de varianza por fecha de muestreo mediante el programa Stat Graphic versión 5.1. Además se empleó una estadística descriptiva para presentar los datos. Se utilizó la correlación lineal para establecer relaciones entre las características químicas del sedimento y la concentración de los metales pesados.

Resultados y Discusión

En base a esto a continuación se presentan los principales resultados obtenidos. Los resultados de los análisis físico químicos del sedimento se muestran en el cuadro 5 los cuales nos indican que para el sitio del campamento en el Cañón de Fernández en la primera etapa presentan una concentración de materia orgánica de 0.81%, con 85.68% de arena y 65.11ppm de nitratos. Las condiciones son similares en la represa ubicada en el llamado sitio León Guzmán en la segunda etapa donde encontramos una concentración de materia orgánica de 2.29%, con 78.4% de arena y 47.44 ppm de nitratos. Lo descrito anteriormente basa su importancia a la alta cantidad de metales que se encontraron en los lugares descritos ya que los parámetros físico-químicos influyen en la acumulación de metal en el sedimento.

Cuadro 2. Promedios generales de los análisis químicos del sedimento realizados en las dos etapas del experimento en estudio.

Etapa	Media							
	Nitratos ppm	MO %	pH	CE mS/cm	CIC meq/100gr	Arena %	Arcilla %	Limo %
1ª Etapa	30.7129	0.831429	7.82429	1.50857	4.28571	75.0286	13.0171	11.9543
2ª Etapa	62.4829	1.38143	7.78714	1.70129	9.71429	58.0271	18.2286	23.7443

Análisis de Varianza

Se practicó un análisis de varianza para definir si existía diferencia estadística entre los valores promedio de las concentraciones de metales pesados en cada una de las fechas de muestreo. Como se puede observar en el Cuadro 2, no se encontró diferencia ($P > .05$) entre los valores medios de los metales debido a la diferente fecha de muestreo. Lo cual pudo deberse a un bajo número de repeticiones en el análisis, o a que se realizó una buena forma el muestreo de sedimentos. Sólo se encontró diferencia ($P < .05$) entre los valores promedio de los nitratos contenidos en el sedimento.

Cuadro 3. Análisis de Varianza para plomo, cobre, zinc cadmio, nitratos y materia orgánica para cada uno de los puntos en sus 2 etapas.

Metal	Promedio		P
	1ª Etapa	2ª Etapa	
Plomo ppm	22.9 ^a	24.45 ^a	0.84
Cobre ppm	4.82 ^a	8.41 ^a	0.10
Zinc ppm	33.57 ^a	51.67 ^a	0.76
Cadmio ppm	2.42 ^a	2.24 ^a	0.74
Nitratos ppm	30.71 ^a	62.48 ^b	0.02
Materia orgánica %	0.83 ^a	1.38 ^a	0.26

($P < 0.05$)=ab ($P > 0.05$)=aa.

Existe una elevada correlación entre los metales encontrados. Así se pueden mencionar las correlaciones entre el plomo y el resto de los metales, las cuales variaron entre 0.49 y 0.83. El cobre se asoció con el zinc y el cadmio, aunque no se encontró correlación entre estos últimos. Con respecto a las características químicas del sedimento, la materia orgánica se encontró correlacionada con la concentración del plomo, no obstante, no se encontró relación de este metal con los nitratos, de manera similar fue la correlación entre el cobre y la materia orgánica (0.8429), siendo inferior (0.34013) con los nitratos. El zinc también mostró una correlación elevada con la materia orgánica (cuadro 4). El cadmio fue el único metal que no mostró una correlación importante con las concentraciones químicas del sedimento. La correlación más elevada de este metal fue con la arcilla (0.57).

Respecto a los nitratos estos se encontraron correlacionados con la materia orgánica en un 0.505829, lo cual coincide con lo descrito en la literatura por González- Fairén (2005) quien en un estudio encontró que microorganismos presentes en sedimentos donde hay poco oxígeno son potencialmente aceptores de electrones para la respiración (oxidantes) como los sulfatos y los nitratos, así mismo esta correlación se relaciona de manera indirecta con la acumulación de metales pesados en los sedimentos en sentido de que la materia orgánica tuvo una significativa correlación con los metales detectados.

Cuadro 4. Principales correlaciones de las características Químicas con los metales pesados detectados en el sedimento en cada uno de los puntos de muestreo.

Pares de variables	Coefficiente de correlación (r^2)	Pares de variables	Coefficiente de correlación (r^2)
Plomo-Cobre	0.83251	Cobre-Limo	0.53509
Plomo-Zinc	0.498103	Zinc-Materia Orgánica	0.87326
Plomo-Cadmio	0.691227	Cadmio-Nitratos	0.0562598
Plomo-Materia Orgánica	0.696054	Cadmio-Arcilla	0.572311
Cobre-Zinc	0.796932	Nitratos-Materia Orgánica	0.505829
Cobre-Cadmio	0.638186	Nitratos-Cap. Int. Cat.	0.720902
Cobre-Materia Orgánica	0.842918	Cap. Int. Cat.-Limo	0.568999

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en la presente investigación, se detectó la presencia de metales pesados en los sedimentos analizados.

Los niveles que se encontraron de metales pesados en las muestras de sedimento de cada sitio analizado fueron inferiores a los límites máximos permisibles que establecen las normas internacionales en su mayoría, siendo el cadmio el único elemento que en casi todos los sitios se encuentra fuera de norma (EPA y Holanda). La relación más alta respecto a los análisis físico-químicos fue la del zinc con la materia orgánica con un valor de $r^2=0.87326$ confirmando su importancia en la acumulación de los metales en el sedimento. Respecto a la relación de la textura con la acumulación del metal en el sedimento, la mayor relación es con el limo en lo que se refiere a plomo, cobre y zinc aunque en el caso del cadmio la mayor afinidad es con la arcilla.

Bibliografía

- Abeliuk, R. 2007. (En línea) Tratamiento de aguas servidas en Santiago (I): Los tristes records del agua de Santiago. (http://www.cipma.cl/RAD/1991/2_Abeliuc.pdf). (Consultada el 2 de octubre del 2007).
- Acosta, V., C. Lodeiros, W. Senior y G. Martínez. 2002. Niveles de metales pesados en sedimentos superficiales en tres zonas litorales de Venezuela. *Interciencia*. Vol. 27. N° 012. p.p. 686-690.
- Agency for toxic substances & disease registry (ATSDR). 2005.(En línea). Zinc. (http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs60.html). (Consultad el 25 de Septiembre del 2007).
- Alonso-Martínez, J. I. y A. García-Martinicorena. 2001. (En línea) Contenido de metales pesados en suelos forestales de Navarra. (<http://www.gorosti.org/docs/gorosti1603.pdf>) (Consultada el 30 de Septiembre del 2007).
- Amat-Infante, P. D., A. Pierra-Conde, I. Casals-Blet y D. Vázquez-Avella. 2002. Estudio de la concentración de metales pesados en sedimentos y ostiones en la bahía de Manzanillo, Cuba. *Journal of the Mexican Chemical Society*. Vol. 46. N°004. p.p. 359-361.
- Atlas de productos básicos. 2004. (En línea). Producción uso y consumo del zinc. United nations publications. (<http://www.books.google.com.mx>). (Consultada el 25 de Septiembre del 2007).

EVALUACIÓN DE LA ACUMULACIÓN DE ARSÉNICO POR ALFALFA (*Medicago sativa*)

Urbina Martínez Miguel A^{1*}, Luna Anguiano Jesus¹, Ruiz Hernández María del Refugio², García Reyes Moises³, Hernández Espinoza Miguel A.³, Trujillo Herrada Ulises⁴, Calzada Conchado Karen Goreti⁴.

¹Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, ^{2y3} Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. ^{4y5} Alumnos de maestría de la Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED.

*E-mail: Ing_urbina77@hotmail.com.

Resumen

Dos variedades de alfalfa fueron evaluadas, Sundor y Excelente-110 en este trabajo, con el objeto de saber la cantidad de arsénico que estas absorben y en que órgano lo almacenan, Se prepararon tratamientos de 0, 10, 20 y 40 mg*kg⁻¹ de arsénico en suelo a partir de un suelo contaminado por deposiciones de la industria minera. La duración del experimento fue de un año, dividiéndose en tres etapas de cultivo, inicio, medio y final, basados en el desarrollo de las plantas. La absorción de arsénico fue más alta para ambas variedades al inicio; para la Sundor: 2.22/1.30 mg*kg⁻¹ de materia seca en Hoja/tallo, 10.37/1.35 mg*kg⁻¹, 15.55/2.40 mg*kg⁻¹, 17.48/2.88 mg*kg⁻¹. Para tratamientos de 0, 10, 20 y 40 mg*kg⁻¹ de As en suelo respectivamente, para la Excelente-110: 3.43/0.93 mg*kg⁻¹ de materia seca en Hoja/tallo, 13.59/1.86 mg*kg⁻¹, 16.88/2.11 mg*kg⁻¹, 23.33/2.46 mg*kg⁻¹. Para tratamientos de 0, 10, 20 y 40 mg*kg⁻¹ de As en suelo respectivamente. La producción de biomasa y desarrollo del cultivo a las concentraciones de arsénico trabajadas no se afectan, por lo que la alfalfa es tolerante a dichas concentraciones.

Palabras clave: alfalfa, arsénico, suelo.

Abstract

Two varieties of alfalfa were evaluated, Sundor and Excelent-110 in this work, in order to know the amount of arsenic that is uptake and where it is store, treatments of 0, 10, 20 and 40 mg*kg⁻¹ of arsenic in soil were prepared from a contaminated soil by depositions of mining waste. The duration of the experiment lasted a year divided into three stages of cultivation, beginning, middle and end, based on the development of plants. The absorption of arsenic was higher for both varieties at the beginning stage; for Sundor: 2.22/1.30 mg*kg⁻¹ in the dry matter of leaf/stem, 10.37/1.35 mg*kg⁻¹, 15.55/2.40 mg*kg⁻¹, 17.48/2.88 mg*kg⁻¹. For treatments of 0, 10, 20 and 40 mg*kg⁻¹ of Arsenic in soil respectively, for the Excellent-110: 3.43/0.93 mg* kg⁻¹ in the dry matter of leaf/stem, 13.59/1.86 mg*kg⁻¹, 16.88/2.11 mg*kg⁻¹, 23.33/2.46 mg*kg⁻¹. For treatments of 0, 10, 20 and 40 mg kg-1 of Arsenic in soil respectively. Biomass production and development of the crop were not affected by Arsenic concentrations, so Alfalfa is tolerant to these concentrations.

Keywords: Alfalfa, arsenic, soil.

Introducción

La contaminación ambiental mundial por metales se hace cada vez más extensiva como consecuencia del aumento de la actividad industrial ocurrida entre finales del siglo 20 y comienzos del siglo 21 (Trejo, 2005). Estos contaminantes, derivados de un creciente número de factores antropogénicos (efluentes y desechos industriales y urbanos, tratamiento de las plantas con aguas residuales, agroquímicos y operaciones de la industria minera) han afectado progresivamente los diferentes ecosistemas. (Sepúlveda & Trejo, 2002; Sepúlveda et al., 2005; Trejo, 2005). En México existe actualmente una gran cantidad de sitios contaminados con diferentes tipos de compuestos, tanto orgánicos, como inorgánicos, debido principalmente a las actividades de la industria minera y petroquímica, además de la disposición clandestina y derrames de residuos peligrosos. (Sahagún, 2006) La Comarca Lagunera es una de las regiones Industriales, agrícolas y ganaderas mas importantes de la Republica Mexicana y al mismo tiempo es una de las zonas agrícolas más contaminadas.

Estudios realizados con anterioridad (Salcedo *et al.*, 1994) han demostrado una contaminación por arsénico en alimentos de consumo humano producidos en la comarca lagunera, siendo el chile uno de los más contaminados con una concentración de arsénico de 2.23 $\mu\text{g/g}$ en base húmeda y de acuerdo a los resultados obtenidos, concluyen que esto podría contribuir al aumento de la ingesta de arsénico por los humanos, generando así un problema de salud pública. En este tipo de estudios se muestra la facilidad con la cual los metales pesados y metaloides contaminantes del ambiente pueden entrar a las cadenas tróficas. Otro estudio realizado (Rosas *et al.*, 1999) muestra la contaminación por arsénico en el suelo, agua, forraje (*Medicago sativa*) y leche de la comarca lagunera, encontrando concentraciones de este metaloide en agua de 7 – 740 $\mu\text{g/L}$ y en suelo un promedio de 30 $\mu\text{g/g}$. La remediación de suelos agrícolas contaminados es indispensable para el desarrollo e implementación de una agricultura orgánica, como garantía de la inocuidad alimenticia, debido a que el empleo del compost (Soto & Muñoz, 2002); también tiene sus desventajas, tales como el incremento en el contenido de sales y fitotoxicidades, especialmente cuando se emplean residuos con trazas de metales pesados o materiales no terminados. En este trabajo se tratara de establecer una evidencia científica de que la contaminación por arsénico se puede darse en la Alfalfa.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, División de Estudios de Posgrado (FAZ-UJED-DEP). Se analizaron dos variedades de alfalfa las cuales fueron evaluadas, la Sundor y Excelente-110 en este trabajo, el objeto era de saber la cantidad de arsénico que estas absorben y en que órgano lo almacenan.

Localización geográfica

La Región Lagunera se localiza en la parte Centro-Norte del país. Esta se ubica entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud Oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud Norte, su altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m.

Características ecológicas del sitio

En la Comarca Lagunera, Aguirre (1981), reporta un clima seco desértico con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 241.9 mm anuales y una temperatura media anual es de 21.5 °C con rangos de 33.7 como máximo y 7.5 como mínimo. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm y presenta una humedad relativa variada de acuerdo a la estación del año, con 31 % en Primavera, 47 % en Verano, 58 % en Otoño y 40 % en invierno (CNA, 1999).

Preparación del suelo.

El suelo fue preparado a partir de un suelo libre de arsénico con la adición necesaria de un suelo contaminado con arsénico para obtener las concentraciones descritas. Ambos suelos fueron previamente homogenizados y analizados para cuantificar la concentración de arsénico total, siendo esta para el suelo no contaminado (SNC) un valor no detectable y para el suelo contaminado (SC) de 538 mg/Kg de arsénico total, ambas cuantificadas por plasma óptico (ICP-OES).

Descripción del suelo contaminado.

Se empleo un suelo contaminado de manera antropogenica con deposiciones propias de una refinería metalúrgica, donde las especies químicas predominantes contenidas en este eran la arsenopirita (FeAsS) y arseniatos de plomo (PbAsO_3). Este suelo fue tomado hasta una profundidad de 20 cm, en un área de aproximadamente de 4 metros cuadrados.

Descripción del suelo no contaminado.

Se tomo suelo a 15 cm de profundidad en un área de aproximadamente 8 metros cuadrados, esta área se encontraba cerca de un suelo arable, donde se encontraban plantados nogales.

Elaboración de macetas.

Fueron realizadas a partir de contenedores cilíndricos con dimensiones de 45 cm de alto y 30 cm de diámetro, con una perforación concéntrica de 5 cm de diámetro y cuatro circundantes con diámetro de 2.5 cm. Para evitar la pérdida de suelo a través de las perforaciones antes descritas se empleo una maya

plástica de 2x2 mm. A estas macetas se le colocaron 22 kg de suelo preparado como se describió anteriormente para hacer un total de 8 macetas las cuales fueron dispuestas.

Preparación de la muestra de suelo previa al experimento.

Como se describió anteriormente se realizaron un total de 8 tratamientos los cuales a su vez se hicieron en dos partes debido a la capacidad de la revolvedora, por lo que se tuvieron un total de 8 muestras para analizar. Todas estas fueron tomadas después de haber preparado el tratamiento, se cribaron a través de una malla de 2 mm. Posteriormente fueron almacenadas en bolsas plásticas hasta su análisis.

Preparación de la muestra de suelo posterior al experimento.

Estas fueron obtenidas de las macetas una vez que el periodo del cultivo fue finalizado, la forma de recolectar fue mediante el desarmado de la maceta, se extendió todo el suelo contenido para su secado al ambiente, una vez seco se deshicieron los pedones, todo sobre una cubierta plástica, la cual también fue empleada para mezclar el suelo contenido en esta, una vez homogenizado el suelo este se extendió formando un paralelogramo, posteriormente fueron tomados un kilogramo por cada esquina de este y un último de la parte central para generar una muestra representativa de cada maceta, esta se hizo pasar a través de una malla de 2 mm, por último este fue almacenado en bolsas plásticas hasta su análisis. Se generaron un total de 8 muestras.

Cuantificación de arsénico en tejido vegetal

Para la cuantificación de arsénico total se empleo una metodología basada en la digestión de Dennis H. Cox publicada en 1980, en la cual el propio autor describe: (Cox, 1980) —Esta metodología es sensible y exacta para la determinación de nano-gramos de arsénico total. Esta consiste en una digestión húmeda con ácido nítrico, sulfúrico y perclórico, para asegurar la descomposición de componentes orgánicos de arsénico—. El proceso de digestión de muestras fue realizado en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Medicina de la Universidad Juárez del estado de Durango, campus Gómez Palacio.

Método

Se pesaron $0.100 \text{ g} \pm 0.005$ de muestra de tejido vegetal, en un vaso de precipitado de 50 mL, seguidamente se agregaron 5 mL de ácido nítrico concentrado, 1 mL de ácido perclórico concentrado, una vez realizado esto, se calentó en placa a 100°C tapadas con vidrio de reloj, dentro de una campana de flujo laminar hasta que las muestras se tornaron incoloras. Posteriormente se llevaron a casi sequedad, para ser bajadas de la placa y dejando enfriar a temperatura ambiente se añadieron 2.5 mL de ácido nítrico concentrado y se calentaron nuevamente a 100°C , tapadas con vidrio de reloj y dentro de la campana de flujo laminar hasta casi sequedad. Finalmente se agregaron 2 mL de ácido sulfúrico concentrado a temperatura ambiente para ser calentado a 240°C , hasta que la solución se volvió incolora. Una vez incolora se llevo a casi sequedad y se enfrió a temperatura ambiente. Se lavaron los vidrio de reloj, recuperando la solución dentro del vaso de precipitado con aproximadamente 5 mL de ácido clorhídrico al 10 % p/v. Por último se lavaron las paredes del vaso y se agrego la solución a un matraz de aforación de 10 mL. Para el acondicionamiento del producto de digestión para la cuantificación de arsénico total, fue necesario tomar 2 mL de este, se les agrego 5 mL de ácido clorhídrico al 10% p/v mas 1 mL de ioduro de potasio al 20 % dentro de un matraz de aforación de 10 mL, aforando con ácido clorhídrico al 10% p/v. Se protegieron de la luz y se almacenaron a 4°C hasta su análisis por espectrometría de absorción atómica con generación de hidruros. Finalmente para la cuantificación de arsénico en las diluciones preparadas fue necesario preparar la solución de borohidruro como acarreador y ácido clorhídrico al 10% p/v como agente reductor en para el generador de hidruros.

Resultados y Discusión

Rendimiento

Para el análisis de resultados se consideró, al peso seco como la cantidad de biomasa producida. El contenido promedio de agua en la alfalfa se calculo en un 75 por ciento. Y una densidad de siembra de 350 plantas por metro cuadrado. En la Tabla 1 pueden observarse las medias de los valores obtenidos para las diferentes variedades y tratamientos en sus diferentes estadios y el equivalente del valor acumulado en

toneladas de materia seca por hectárea por año, para expresar el rendimiento, la representación grafica de dicha tabla se encuentra en la Grafica 1, donde solo se omite el valor acumulado.

El GLM (GLM, de sus siglas en ingles —General Linear Model”)a un nivel de significancia de 0.05 por ciento, no expresa diferencia significativa al rendimiento obtenido entre variedades y tratamiento, pero si expreso una diferencia entre los diferentes estadios. Conjuntamente se realizo el análisis de comparación de medias por el método de “Tukey” para corroborar los datos obtenidos por el GLM, obteniendo concordancia entre ambos resultados.

Tabla 1. Rendimiento de Alfalfa como materia seca

Variedad	[As] mg/kg	Inicio	Medio	Final	Acumulado	Ton/ha/año
Sundor	0	8.03	10.19	13.89	110.21	15.6
Sundor	10	6.24	13.13	17.94	129.88	18.4
Sundor	20	7.07	11.59	17.31	125.26	17.7
Sundor	40	6.03	9.76	14.16	104.01	14.7
Excelente 110	0	7.19	12.89	13.86	115.71	16.4
Excelente 110	10	6.79	11.46	16.19	119.51	16.9
Excelente 110	20	3.93	11.86	16.06	111.61	15.8
Excelente 110	40	5.43	11.06	15.74	112.41	15.9

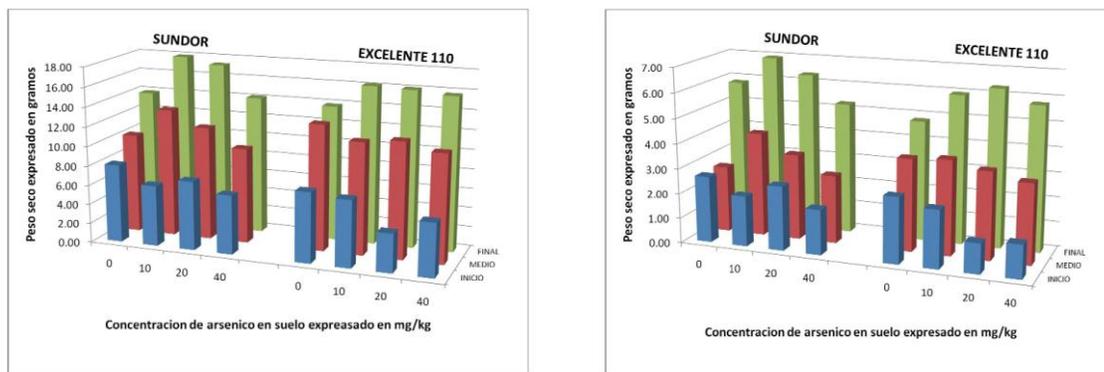


Figura 1. Rendimiento en peso seco de la hoja (izquierda) y rendimiento en peso seco del tallo (derecha). CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.

Los análisis GLM y Tukey expresaron igualdad a los expresados para PS, esto es debido a que el PSH y PST derivan del PS. (Khattak et al., 1989; Urbano & Davila, 2003) Obtuvieron resultados similares de rendimiento reportando un promedio de 17 ton*ha⁻¹*año, en once variedades de alfalfa cultivadas a 0.30 m de distancia de surco a chorro corrido. Si bien se observa diferencia en los diferentes estadios del cultivo, el rendimiento al final de año tiende a compensar esas diferencias, se observa que la variedad Sundor tiene ligeramente mayor producción de biomasa sobre la excelente 110,(Cultivars & Schedules, 2006) Concluyen que el rendimiento de alfalfa puede variar entre variedades, pero estas diferencias se compensan al termino del año, siendo los rendimientos similares. (Santamaría et al., 2000). Es importante señalar que la densidad de siembra recomendada para la zona norte de México es de hasta 200 plantas por metro cuadrado para el primer año, obteniéndose rendimientos de 20 ton*ha⁻¹*año. Nuestra densidad de siembra fue de 350 plantas por metro cuadrado, por tal razón no es posible comparar nuestros rendimientos a los rendimientos obtenidos en campo, mas sin embargo es posible comparar el comportamiento del cultivo a través de año siendo este el discutido anteriormente. Podemos suponer que la planta de alfalfa con las variedades estudiadas presentan tolerancia a las concentraciones de arsénico en suelo empleadas en el presente trabajo.

Arsénico en suelo – planta

En estudios de plantas fitoremediadoras se ha asociado una disminución del 26 por ciento del arsénico contenido en el suelo por *Chinese Brake* una planta hiperacumuladora (Tu et al., 2002). En la Tabla 2 se expresan los resultados de absorción de arsénico por alfalfa por maseta o unidad experimental y la concentración final teórica de arsénico en suelo en las unidades experimentales. Para dichos cálculos se consideraron la suma de las medias de acumulación de arsénico en tratamientos para las variables ASH, AST y ASR los rendimientos anuales para cada tratamiento en las variedades estudiadas más su respectivo peso de raíz, ambos en materia seca. Es evidente que la concentración teórica de Arsénico en el suelo no resulta diferente a la obtenida al inicio del experimento, a excepción del tratamiento 3 de excelente 110, pueden explicarse por variabilidad analítica, pues como se aprecia en la Tabla 2 la disminución de la concentración de arsénico por efecto de la alfalfa es muy poca. Y las diferencias encontradas pueden atribuirse por lixiviación del arsénico. Otro factor que hay que considerar es la posible contaminación del experimento con arsénico por la adición del fertilizante MAP, este en su producción es generado a partir de la roca fosfórica rica en arsénico, pero la cantidad adicionada de MAP fue de 3.0 gramos en total y si este tiene una concentración media de $9.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, no logra ser significativa la contribución de este a la concentración de arsénico en suelo.

Tabla 2. Estimación de las concentraciones de arsénico en suelo al final del experimento.

Variedad	[As] - I	PS	mgAsT-S	xAc-As	mgT-AsM	[As] - F
Sundor	0	110.21	0	5.5	0.72	0
Sundor	6.5	129.88	143	15.46	2.34	6.39
Sundor	16.7	125.26	367.4	19.88	3.02	16.56
Sundor	37.4	104.01	822.8	24.29	3.04	37.26
Excelente 110	0	115.71	0	5.5	0.76	0
Excelente 110	6.5	119.51	143	15.46	2.20	6.40
Excelente 110	16.7	111.61	367.4	19.88	2.69	16.58
Excelente 110	37.4	112.41	822.8	24.29	3.22	37.25

Conclusiones

La planta de alfalfa en sus variedades de Sundor y excelente 110, es capaz de acumular arsénico en sus diferentes órganos, siendo esta acumulación dependiente de la concentración de arsénico presente en el suelo, presentando una relación proporcional entre arsénico acumulado en la planta y contenido de arsénico en suelo; A sí mismo la acumulación de arsénico en la planta tiende a ser constante con el paso del tiempo, presentando mayor acumulación en el desarrollo del cultivo. La cantidad de arsénico removido del suelo, por acción de la planta de alfalfa no es suficiente para considerar a esta planta como fitoremediadora, mas sin embargo deberá de tenerse cuidado pues la planta de alfalfa y sus asociaciones biológicas con microorganismos y hongos disuelven el arsénico adsorbido en el suelo, esta también podrá acumular el arsénico proveniente de agua de riego, el cual es mas biodisponible que se encuentra contenido en el suelo.

Literatura citada

- Adriano, D. C. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals*. Springer.
- ATSDR. (2005). Resumen de Salud Pública ARSENICO, Division de Toxicología y Medicina Ambiental.
- Bhattacharya, P., Welch, A. H., Stollenwerk, K. G., McLaughlin, M. J., Bundschuh, J. & Panaullah, G. (2007). Arsenic in the environment: Biology and Chemistry. *Science of the Total Environment*, **379**(2-3), 109-120.
- Cajuste, L. J., Alarcon, A. V., Grabach, C. S., González, G. A. & Bauer, M. d. L. d. I. I. d. (2001). Cadmio, níquel y plomo en agua residual, suelo y cultivos en el valle del mezquital, Hidalgo, Mexico, Vol. 35, *Agrociencia*. Colegio de Posgraduados Texcoco, Mexico, pp. 267 - 274.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL SUELO DE UN BOSQUE DE *Fagus grandifolia* var. *Mexicana* DE LA REGIÓN OTOMÍ-TEPEHUA, HIDALGO, MÉXICO

Ortega Zavala, Erika Marlene¹, Acevedo Sandoval, Otilio Arturo²

¹Centro de Investigaciones Biológicas, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. E-mail: marlene.zavala@gmail.com

²Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Resumen

El bosque Mesófilo de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* localizado en el municipio de San Bartolo Tutotepec, Hidalgo, es uno de los pocos relictos de este tipo de vegetación con moderada influencia antropogénica lo que permitió determinar las propiedades químicas del suelo. El suelo se caracteriza por presentar un pH muy ácido, con altos contenidos de materia orgánica que es aportada en un 85% por *Fagus grandifolia* var. *mexicana* llegando a 49.1 toneladas de litter por ha, bajo contenido de Ca, K, Na y Mg, y un porcentaje de saturación de bases menor del 50% lo que indica que dadas las condiciones climáticas del lugar se da un proceso de desbasificación clasificando al suelo de fertilidad baja a moderada. El principal ácido orgánico que se presenta son los ácidos húmicos, los cuales decrecen en relación a la profundidad. En cuanto a la mineralogía del suelo predominan las arcillas del grupo de las caolinitas y arcillas inter estratificadas. La calidad del suelo es alta debido a los importantes contenidos de materia orgánica. En los cinco sitios se contabilizaron 473 renuevos de *Fagus grandifolia* var. *mexicana*, el 83.5% de estos son mayores de 21 cm de altura y el 16.5 % son renuevos jóvenes, se presenta un porcentaje bajo de regeneración, dado por la intervención del hombre al introducir especies animales que trae como consecuencia la colonización de otras especies arbóreas.

Palabras clave: pH, Materia Orgánica, Ácidos húmicos

Abstract

The cloud forests *Fagus grandifolia* var. *Mexican* located in San Bartolo Tutotepec, Hidalgo is one of the few remnants of this vegetation with moderate anthropogenic influence which allowed to determine the chemical properties of soil. Soil is characterized by presenting a very acidic pH and high organic matter contained wich is composed by 85% for *Fagus grandifolia* var. *Mexican* reaching 49.1 tons of litter per hectare, low-Ca, K, Na and Mg. Furthermore contains percentage of base saturation less than 50% indicating that given the climatic conditions of the place is a process of de-basification soil of low to moderate fertility. The main organic acids present are humic acids, which decrease in relation to depth. The soil mineralogy is dominated by the group of clays and clay kaolinites inter stratified. Soil quality is high due to the significant content of organic matter. In the five studied sites we counted 473 seedlings of *Fagus grandifolia* var. *Mexican*, 83.5% of them are over 21 cm in height and 16.5% are young shoots. The results obtained showed a low percentage of regeneration primarily made by man's intervention due to introduce animal species, resulting in the colonization of other tree species

Keywords: Cloud forest, organic matter, humic acids

Introducción

Existen pocos estudios de la relación suelo-vegetación forestal en la región Otomí-Tepihua, algunos estudios como Áviles (2005) y Godínez (2007) revelan que existen ciertas relaciones entre la población vegetal y algunas propiedades físicas y químicas del suelo tales como acumulación de materia orgánica, densidad aparente, capacidad de intercambio catiónico entre otras. Estas investigaciones proveen información relevante sobre el desarrollo del suelo y la estructura de los bosques. El bosque de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* es una especie endémica a México y existe solo en pequeños manchones en los estados de Veracruz e Hidalgo, si estos manchones desaparecieran la especie estaría condenada a extinguirse, es por ello que muchas de las especies en los bosques mesófilos están amenazadas o en

peligro de extinción. Es importante señalar que en el bosque de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* de la región de Medio Monte en el municipio de San Bartolo, Hidalgo, México no se han realizado estudios para su caracterización debido al difícil acceso a esta zona por lo que se considera que es un bosque poco alterado por la actividad humana y presenta un potencial para otros estudios desde el aspecto florístico, edafológico y turístico. Por lo anterior, el estudio de bosque de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* y su relación con las propiedades químicas del suelo será la base para futuros estudios sobre el manejo sustentable, lo que permitirá conservar esta especie.

Material y Método

Para localizar la zona de estudio se realizó la cartografía correspondiente por medio del programa Arc view 3.2 y 3.3, se colocaron las coordenadas en la carta topográfica de nombre Pahuatlan del Valle F14D73 y en seguida se localizaron los puntos probables a muestrear en la zona, se pasaron a Excel y se capturaron en un programa llamado MapSource 3.03 para subirlos posteriormente al GPS. En campo, a través de un transecto se localizaron cinco puntos por medio del GPS, en cada punto se obtuvieron tres submuestras las cuales se mezclaron y resulto una muestra compuesta de cada una de las profundidades 0-20, 20-40 y 40-60.

Los análisis de suelo incluyeron: pH, capacidad de intercambio catiónico, bases intercambiables y materia orgánica con base a la NOM-021-RECNAT-2000.

Para la determinación de óxidos totales se realizó por la técnica de fluorescencia de rayos X. La caracterización de la fracción orgánica e inorgánica por el método de Espectroscopia Infrarroja.

El análisis estadístico se realizó utilizando el software *Statistica* (Edición 2002, versión 6), para evaluar la asociación entre elementos se realizó análisis de correlación de matriz con los resultados de la caracterización química de los cinco puntos de muestreo, la correlación de los parámetros se hizo con valor de significancia $p < 0.5$ para obtener la máxima correlación entre estos.

En cuanto a la evaluación de renuevos de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* se tomaron datos de la regeneración natural para lo cual se trazaron tres circunferencias con un radio de 12.5 en cada uno de los sitios seleccionados, se establecieron tres rangos para evaluar la regeneración de *Fagus*, donde se contaron los renuevos y se midió su altura (clase I, 0-0.20m, clase II, 0.21-0.40m y clase III, > 0.41m)

Resultados

En la Tabla 1 son presentados los resultados de los análisis químicos del suelo, el pH del suelo se considera de fuertemente a extremadamente ácido en los cinco puntos de muestreo, posiblemente la acidez del suelo sea el resultado de las condiciones naturales las cuales son: material parental según su relación Al entre Ca^+ , Mg^+ , K^+ ; lixiviación de bases intercambiables del suelo (% de saturación de bases menor al 55%, Tabla 2), descomposición de materia orgánica entre otros.

Tabla 1. Caracterización química de los suelos.

Muestra	Caracterización Química de los Suelos								
	pH H ₂ O 1:2.5	pH KCl 1:2.5	MO %	CIC	Bases Intercambiables				SB %
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	
					cmol Kg ⁻¹				
P1 0-20	4.67	3.99	9.3	13.86	5.20	0.5	0.2	1.1	50.50
P1 20-40	4.70	4.39	8.8	10.19	3.60	0.4	0.3	1.3	54.95
P1 40-60	4.85	4.35	8.2	9.66	2.0	1	0.3	1	44.51
P2 0-20	4.24	4.00	14	14.23	4.0	0.4	0.3	0.7	37.95
P2 20-40	4.64	4.44	12.3	13.71	5.10	0.5	0.2	0.9	48.87
P2 40-60	4.62	4.19	10.6	11.05	4.40	0.5	0.2	0.9	54.30
P3 0-20	4.19	4.00	9.4	19.40	6.50	1.8	0.3	1.7	53.36
P3 20-40	4.09	4.01	7.67	18.72	4.40	0.7	0.3	1.2	35.25
P3 40-60	4.23	4.12	6.86	11.91	4.00	0.7	0.1	0.4	43.66
P4 0-20	5.25	4.71	9.53	15.44	3.80	1.8	0.2	1	44.04
P4 20-40	5.20	4.54	8.36	15.20	2.30	1.7	0.1	0.7	31.58
P4 40-60	5.19	4.80	6.84	13.40	2.30	1.5	0.1	0.9	35.82
P5 0-20	5.03	4.56	9.53	10.91	2.80	0.7	0.2	1.1	44.00
P5 20-40	5.31	4.71	6.86	9.57	2.00	0.5	0.2	1.1	39.71
P5 40-60	5.20	4.80	5.14	9.84	2.30	0.6	0.1	0.9	39.63

MO= materia Orgánica; CIC= capacidad de intercambio catiónico y SB= saturación de bases

La Figura 1 muestra el espectro de infrarrojo del horizonte orgánico del punto de muestreo 2 presenta bandas de absorción de sustancias orgánicas, los resultados muestran una mezcla de diferentes compuestos orgánicos y residuos de materiales de plantas, el espectro indica la presencia de ácido húmico.

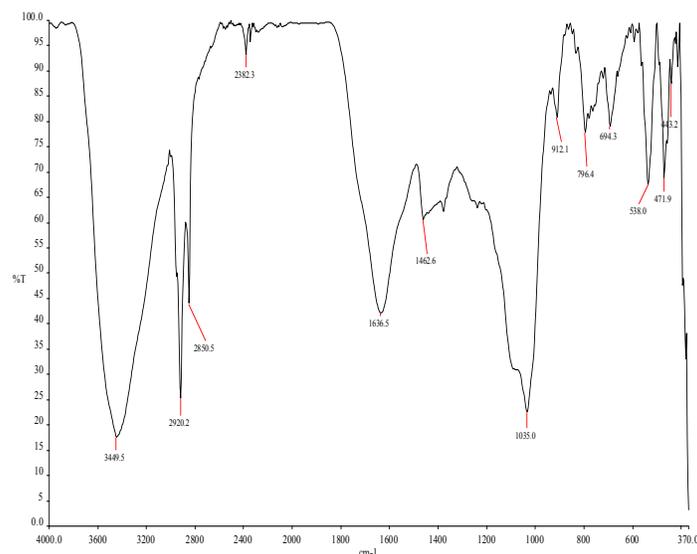


Figura 1. Espectro de infrarrojo del horizonte orgánico del bosque de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* (Punto 2 0-8.0 cm).

De acuerdo con el contenido de SiO₂ se considera que el origen de los suelos es de tipo Máfico (Shoji *et al.*, 1993), los porcentajes de óxidos totales sugieren la presencia de materiales geológicos de naturaleza básica, los principales óxidos totales son: silicio, aluminio y hierro y en menor contenido los óxidos de calcio y magnesio (Tabla 2).

Tabla 2. Caracterización por fluorescencia de rayos X.

Muestra	P1			P2			P3			P4			P5		
	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60	0-20	20-40	40-60
SiO ₂	46.51	42.40	43.30	41.70	41.72	41.73	44.1	42.06	42.51	42.90	41.89	42.12	42.3	41.8	41.92
TiO ₂	1.56	2.38	2.23	1.46	1.31	1.38	1.51	1.84	1.8	1.48	1.57	1.59	1.47	1.44	1.48
Al ₂ O ₃	23.00	25.60	26.50	21.64	25.03	22.64	22.32	25.31	24.75	21.98	25.17	23.69	21.81	25.1	23.16
Fe ₂ O ₃	9.11	13.50	13.48	13.53	12.57	13.44	11.32	13.03	13.46	12.42	12.8	13.45	12.97	12.68	13.44
MnO	0.25	0.42	0.23	0.23	0.14	0.13	0.24	0.28	0.18	0.23	0.21	0.15	0.23	0.17	0.14
MgO	1.03	0.55	1.07	0.96	0.65	0.81	0.99	0.60	0.94	0.97	0.62	0.87	0.96	0.63	0.84
CaO	1.26	0.89	0.88	0.41	0.72	0.4	0.83	0.80	0.64	0.62	0.76	0.52	0.51	0.74	0.46
Na ₂ O	0.34	0.29	0.63	1.00	1.40	0.71	0.67	0.84	0.67	0.83	1.12	0.69	0.91	1.26	0.70
K ₂ O	0.21	0.35	0.60	0.79	0.34	0.38	0.50	0.34	0.49	0.64	0.34	0.43	0.71	0.34	0.40
P ₂ O ₅	0.10	0.36	0.25	0.15	0.18	0.05	0.12	0.27	0.15	0.13	0.22	0.10	0.14	0.20	0.07
PXC	18.20	13.29	10.79	18.13	18.69	19.33	18.16	15.99	15.06	18.14	17.34	17.19	18.13	18.01	18.26
Total	101.5	100	100	100	102.75	101	100.76	101.39	100.66	100.38	102.04	100.08	100.14	102.39	100.8

En la Tabla 3 son presentados los resultados de la densidad de renuevos de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* en los cinco puntos de muestreo. De la población de renuevos se dividió en tres clases, I de 0 – 0.20 m, II de 0.21 – 0.40 m y III > 0.41 m, la población total en una superficie de 1472.61 m² fue de 473 individuos lo que indica que la especie *Fagus* presenta una moderada regeneración natural

Tabla 3. Determinación de renuevos de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* por tamaño.

Repetición		Cantidad de renuevos en 1472.61 m ²									TOTAL
		I			II			III			
Sitio	Exp	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
1	Oeste	1	4	3	15	8	16	7	14	18	86
2	Oeste	8	5	5	28	11	21	8	12	19	117
3	Oeste	9	7	13	6	5	9	10	9	21	89
4	Norte	2	6	4	9	7	11	17	14	12	82
5	Norte	7	1	3	17	20	12	11	15	13	99
Media		5.4	4.6	5.6	15	10.2	13.8	10.6	12.8	16.6	TOTAL 473
Max		9	7	13	28	20	21	17	15	21	117
Min		1	1	3	6	5	9	7	9	12	82
CLASE I = 0-0.20 m					CLASE II = 0.21-0.40 m			CLASE III = >0.41 m			

Conclusiones

El tipo de vegetación del bosque de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* esta dado por una moderada influencia antropogénica, este tipo de bosque se caracteriza por presentar condiciones muy ácidas en el suelo. Se presenta altos contenidos de materia orgánica, aportada un 85% de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* llegando a 49.1 toneladas por hectárea. Existe un bajo contenido de bases intercambiables (Ca, Mg, K y Na) en el perfil y un porcentaje de saturación de bases menor del 50%. El principal ácido orgánico que se presenta en el suelo son los ácidos húmicos los cuales decrecen en relación a la

profundidad. En relación a la mineralogía del suelo dominan las arcillas del grupo de las caolinitas (haloisita, caolinita) y arcillas inter estratificadas (mont-morillonita – illita rica en aluminio). La calidad de suelo es alta debido a los altos contenidos de materia orgánica. De acuerdo con el conteo de renuevos, el 83.5 de los renuevos contabilizados son mayores de 21 cm de altura y el 16.5 son renuevos jóvenes lo que indica un bajo porcentaje de regeneración, posiblemente dado por la intervención del hombre al introducir especies animales domesticadas.

Literatura citada

- Avilés, V. 2005. Reservas de carbono en una toposecuencia del bosque de *Fagus grandifolia* var. *mexicana* (Martínez) en Zacualtipán, Hidalgo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados
- Godínez, O., G. Angeles, L. López, E. García, J. Valdez, H. De los Santos y A. Trinidad. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* sub sp. *Mexicana* en la Mojonera, Hidalgo, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 78:117-128
- Norma Oficial Mexicana. NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, sanidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis.
- Shoji S., Nanzyo M., Dahlgren R. 1993. *Volcanic ash soils. Genesis, properties and utilization*. Development in Soil Science 21, Elsevier Science Publ. The Neatherlands. 288 pp

MINERALIZACIÓN DE CARBONO EN RESIDUOS ORGANICOS: RELACIONES E IMPLICACIONES

Barrales B.E.¹, Estrada H. I. Del R.¹, Guerrero O. P.L.¹, Hernández L. F.J.¹, Benedicto V. G.S.²

¹Estudiante de Postgrado. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

barrales.edgar@colpos.mx; edbarrales3@gmail.com

² Profesor investigador. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Resumen

La calidad de los suelos en México resulta pobre en cuanto a que la materia orgánica es escasa; por prácticas que originan una continua degradación. Esto conlleva la remoción de residuos agrícolas y pérdidas entre el 30 y 50 % del carbono orgánico (García *et al.*, 2006). El objetivo fue evaluar el efecto de la adición de diferentes residuos sobre la liberación de CO₂ y la retención de humedad después de 23 días de incubación. Para ello, se realizaron las determinaciones sobre materia orgánica (MO), tasa de evolución de dióxido de carbono (CO₂), relación E4/E6, relación Carbono/Nitrógeno y contenido de humedad a -33 kPa y -1500 kPa. Las fuentes de materia orgánica empleadas fueron: residuos de *Lupinus sp.* como abono verde, rastrojo de maíz, mantillo forestal (Oi, Oe, Oa) de bosque de encino, composta de pino, y carbón vegetal; que se incorporaron a las dosis de 5 y 10% con base a peso seco, a un suelo franco arenoso. Los residuos de Oi, *Lupinus* y maíz incrementaron 239, 193 y 175 % la humedad aprovechable a la dosis de 10%. La producción de CO₂ de los residuos de *Lupinus* y Maíz produjeron la mayor cantidad de CO₂ para 10% (4,345.7 y 4,214.4 mg de CO₂ respectivamente). Con *lupinus* y rastrojo de maíz la relación C/N fue de 24.4 y 74.6 y valores de E4/E6 5.5 y 3.12. La incorporación de residuos afectó la tasa de liberación de CO₂ y la disponibilidad de humedad, mejorando el nivel de materia orgánica edáfica.

Palabras clave: *Evolución de CO₂, retención de humedad, relación E4/E6.*

ESPECIACIÓN QUÍMICA DE PLOMO DE UN CALCISOL CONTAMINADO

Hernández Torres Idalia María¹, Peña Cervantes Edmundo¹, Morales Pérez Bertimeo¹
Dpto. Ciencias del Suelo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro¹. E-mail: idaliahdzt@yahoo.com.mx

Resumen

La presencia de plomo en los suelos de México se debe a que se encuentra contenido en los minerales producto de actividades mineras, en la utilización de gasolina con plomo en el pasado, en actividades industriales, urbanas y agrícolas. La exposición de plomo es un gran problema para la salud por lo que es necesario conocer su movilidad para poder extraerlo de los suelos. Por lo anterior se trabajó en un suelo contaminado con plomo con una concentración de 1060 mg kg⁻¹, para incrementar la movilidad se utilizaron cuatro agentes quelatantes: EDTA sódico, biofertilizante, K-tionic y ácido fulvico a una concentración de 1000 mg kg⁻¹, los tratamientos se aplicaron a las unidades experimentales, se incubaron por tres meses, posteriormente, se realizó un muestreo al mes y un segundo a los tres meses, para evaluarlo se llevó a cabo la extracción secuencial de plomo por la técnica de Tessier. Los resultados mostraron que el tratamiento con EDTA en la fracción soluble en el muestro del primer mes presentó una mayor movilidad del plomo con una concentración de 193.0 mg kg⁻¹ y se observa que al transcurrir los tres meses la movilidad del plomo se ve afectada presentando una concentración de 19.6 mg kg⁻¹, el comportamiento del K-tionic es similar la biodisponibilidad de plomo disminuye a los tres meses. Con respecto a los tratamientos con biofertilizante y al ácido fulvico los resultados reflejan que la disponibilidad del plomo en el suelo aumenta al transcurrir los tres meses.

Palabras clave: Metales pesados, quelatos, extracción secuencial

Abstract

The presence of lead in soil of Mexico is due to that obtained from minerals in the mining activities in the use of leaded gasoline in the past, in industrial, urban and agricultural activities. Lead exposure is a major health problem it is necessary to know its mobility to be able to extract soil. For the above work on a soil contaminated with lead with a concentration of 1060 mg kg⁻¹, four chelating agents were used to increase the mobility: sodium EDTA, biofertilizer, K-tionic and fulvic acid a concentration of 1000 mg kg⁻¹, the treatments were applied to experimental units, were incubated for three months, then sampling was conducted a month and a second in the three months to evaluate it, sequential extraction of lead was held by the technique of Tessier. Results showed that treatment with EDTA soluble fraction in the show for the first month present a greater mobility of the lead with a concentration of 193.0 mg kg⁻¹ and observed that to pass the three-month lead mobility is affected by presenting a concentration of 19.6 mg kg⁻¹, K-tionic behaviour is similar decreases the bioavailability of lead at three months. With regard to treatment with biofertilizer and fulvic acid results reflect the availability of lead in soil increases to take three months.

Keywords: heavy metals, chelates, sequential extraction

Introducción

La acumulación de metales pesados como el plomo en los suelos de México es un grave problema ambiental, este elemento tienen afinidad por las partículas del suelo, y el riesgo que presenta es la capacidad que tiene el suelo de transferirlo a la cadena trófica. El comportamiento de este metal en el suelo depende de la forma química bajo la cual se presente, por esto es importante realizar las metodologías de extracción secuencial que pueden proveer información acerca de la identificación de la fuerza de unión del metal y las partículas y las asociaciones de fases de elementos trazas en los suelos. Estos métodos se basan en el ataque sucesivo a la muestra problema mediante reactivos con grado creciente de extractabilidad: agua, disoluciones salinas, ácidos débiles, agentes quelatantes, reductores, oxidantes; como aproximación a la distribución del metal en las diversas fases sólidas del suelo. En este sentido, una de las metodologías de especiación más utilizadas para los metales pesados es la extracción selectiva o secuencial, basada en el trabajo de Tessier et al., (1979). Cala y Yukihiko (2003) mencionan

que el análisis de la extracción secuencial pone de manifiesto el alto grado de disponibilidad del Pb en los suelos más contaminados, relacionados con la solubilidad de las partículas y las características físico químicas de los suelos. Hernández y Peña, (2010) encontraron que el EDTA en la fracción soluble más cambiante presentó la mayor movilidad de plomo con un valor de 53.6 mg kg^{-1} a los dos meses de ser aplicado el tratamiento. Vilar et al., (2003) mencionan que evaluaron suelos en general ácidos no carbonatados, arenosos, con contenido variable de materia orgánica y diferente capacidad de intercambio catiónico y la extracción secuencial la realizaron con las metodologías propuestas por Tessier, Sposito y Gomes, no se ha encontrado un criterio uniforme a la hora de considerar las formas de asociación de los metales en los suelos. A pesar de ello, es posible establecer ciertas correspondencias entre los métodos empleados por la pluralidad de las diferentes soluciones utilizadas. López y Mandado, (2002) mencionan que las fracciones de metales pesados que comúnmente se suelen diferenciar en los sólidos mediante las extracciones secuenciales son: intercambiable, asociada a carbonatos, asociada a óxidos de Fe y Mn, asociada a materia orgánica y fracción residual. Los distintos protocolos existentes difieren en los reactivos empleados y también en las condiciones experimentales, todo ello dependiendo de los objetivos concretos de estudios a realizar. Barrios y Logan. (2007) estudiaron un suelo en el que encontraron que predominan las fracciones de Ni, Cr y Zn asociadas a óxidos de Fe y Mn, a las tres dosis aplicadas, seguidas por la fracción aplicada a materia orgánica. En el caso de Cr y el Zn, las formas que pueden ser más fácilmente biodisponibles (la intercambiable y la asociada a carbonatos) representan entre el 40 y 25 % respectivamente del total extraído de estos metales; esto indica que los metales en esta forma pueden ser absorbidos por las plantas, con el riesgo de ser transferidos a través de la cadena alimenticia, hasta los seres humanos. Rodríguez, et al., (2007) estudiaron lodos cloacales y encontraron que los compuestos químicos del plomo en su mayoría (98 % del Pb total) se encontró como silicatos y aluminatos, esta fracción no puede removerse en las condiciones normalmente encontradas en la naturaleza. También se encontró como nitratos, sulfatos, cloruros, carbonatos, sulfuros, hidróxidos y sólidos cristalinos y amorfos, pero en proporciones muy pequeñas. En el caso de cenizas encontraron que el plomo, casi totalmente, (99% del Pb total) se encontró como silicatos y aluminatos. También se encontró como nitratos, sulfatos, cloruros, carbonatos, sulfuros, hidróxidos, sólidos amorfos y cristalinos, pero en muy pequeñas proporciones. Se ha observado que la utilización de agentes quelatantes mejora la solubilidad de los elementos metálicos en el suelo facilitando la absorción por las plantas, esto ayuda a una recuperación de los suelos. Por lo anterior el objetivo de la presente investigación es la utilización de algunos agentes quelatantes para aumentar la movilidad del plomo del suelo contaminado y evaluarlo a través de la extracción secuencial.

Materiales y métodos

El presente trabajo se realizó en el área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Se utilizó un suelo que se caracterizó con las metodologías descritas por Jackson (1976), para la determinación de plomo se realizó como lo marca la norma NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, los resultados se muestran en el cuadro 1, en donde se observa que el contenido de plomo rebasa los valores normados, es un suelo migajón arcilloso, con una conductividad eléctrica baja propia de un suelo no salino, un contenido de materia orgánica alto, rico en carbonatos totales y un pH ligeramente alcalino. A este suelo se le aplicaron 1000 mg kg^{-1} de cuatro agentes quelatantes: EDTA sódico grado reactivo, biofertilizante líquido resultado del proceso de la lombricomposta, K-tionic producto comercial y Ac. Fulvico experimental extraído de leonardita, con el propósito de incrementar la disponibilidad de plomo. El suelo se incubó por tres meses, y posteriormente se tomaron muestras por triplicado de cada tratamiento para realizar la extracción secuencial con las metodologías de Tessier.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas del suelo estudiado

	M.O. (%)	CO ₃ ²⁻ (%)	C.E. dS/m ⁻¹	pH	Pb mg kg ⁻¹	Textura (%)		
Suelo	7.29	62	1.0	7.5	1060	Ar	L	Arc
						52.8	34.0	13.2

Ar Arena, L Limo, Arc Arcilla

Resultados y Discusión

De acuerdo a los resultados obtenidos se encontró que el tratamiento con EDTA en la fracción soluble y en la cambiante presenta la mayor movilidad con una concentración de 193.0 mg kg⁻¹ y 25.0 mg kg⁻¹ respectivamente como se observa en el cuadro 1, y el tratamiento que presentó una menor movilidad fue el testigo con un valor de 15.3 mg kg⁻¹, de las demás fracciones la carbonatada es la que presenta una mayor concentración debido a que el suelo en el que se trabajó tiene un alto contenido de carbonatos, sin embargo estas fracciones no presentan peligro ya que no son disponibles

Cuadro 1. Extracción secuencial de Pb por el método de Tessier (mg kg⁻¹) al mes de incubación.

Tratamiento	Soluble	Cambiable MgCl ₂	Carbonatada NaOAC	Ligada FeO, MnO NH ₂ OH·HCl	Ligada Mat. Org. NH ₄ OAC
Testigo	15.3	21.0	384.3	158.6	175.3
EDTA	193.0	25.0	227.3	113.0	125.6
Biofertilizante	22.3	22.0	541.3	163.3	191.3
K-tionic	21.0	22.3	480.6	182.6	185.0
Ac. Fulvico	20.6	21.6	399.0	165.0	204.0

En el cuadro 2 se puede observar que el tratamiento con mayor movilidad de plomo en la fracción soluble fue el biofertilizante con un valor de 24.3 mg kg⁻¹, este valor nos muestra que el quelato incrementó la movilidad con respecto al tiempo. El efecto quelatante del tratamiento con EDTA disminuye la movilidad del plomo con respecto al tiempo, este comportamiento coincide con lo reportado por Peña et al., (2007). En cuanto a la fracción cambiante la mayor movilidad la presentó el K-tionic con un valor de 24.0 mg kg⁻¹, en esta misma fracción se puede observar que el ácido fulvico presentó un valor de 22.6 mg kg⁻¹ un poco menor al testigo.

Cuadro 2. Extracción secuencial de Pb por el método de Tessier (mg kg⁻¹) a tres meses de incubación

Tratamiento	Soluble	Cambiable MgCl ₂	Carbonatada NaOAC	Ligada FeO, MnO NH ₂ OH·HCl	Ligada Mat. Org. NH ₄ OAC
Testigo	15.0	23.0	255.3	143.6	76.0
EDTA	19.6	23.0	240.0	133.6	71.3
Biofertilizante	24.3	23.0	260.6	147.6	79.3
K-tionic	18.0	24.0	286.6	147.0	82.3
Ac. Fulvico	23.3	22.6	265.3	138.6	77.0

Conclusiones

En la presente investigación se encontró que el efecto quelatante del EDTA se presenta al principio de la aplicación y esto incrementa la movilidad del plomo y su efecto va decreciendo con respecto al tiempo, en cuanto a los demás tratamientos su efecto quelatante aumentó con el tiempo.

Literatura Citada

- Barrios, M. y S. Logan. 2007. Extracción secuencial de níquel, cromo y zinc en un suelo de la Cuenca del Lago de Valencia y acumulación en plantas de sorgo. Departamento de Agronomía, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, 24: 739-762.
- Cala, V. e Y. Kunimine. 2003. Distribución de plomo en suelos contaminados en el entorno de una planta de reciclaje de baterías ácidas. Departamento de Química Agrícola, Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España. Rev. Int. Contam. Ambient. 19 (3) 109-115
- Hernández, T.I. y C. E. Peña. 2010. Extracción secuencial de plomo de un suelo contaminado. Libro de resúmenes en extenso. En: Avilés-Marin, S.M. y Fortis-Hernández, M. (Eds) 2010. XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas, Mexicali Baja California, México. 25 al 29 de Octubre de 2010. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Montecillo, México.
- Jackson, M.L., 1976. Análisis Químico de Suelos. 3^{era} Edn. Omega, Barcelona.
- López, J.P.L. y J.M.C. Mandado. 2002. Extracciones químicas secuenciales de metales pesados. Aplicación en Ciencias Geológicas. Estudios Geológicos; 58: 5-6
- Peña, C.E., T.I. Hernández., C.R. López y A.J.T. Gonzalez. 2007. Efectos del pH sobre la especiación química del plomo en suelos contaminados. En Libro Científico Anual Agricultura, Ganadería y Ciencia Forestal. UAAAN-2007. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 2 de Marzo del 2007.
- Rodríguez, R.A., M. Echegaray, R. Castro y S. Udaquiola. 2007. Distribución química de plomo, cromo y cadmio en lodos cloacales y sus cenizas. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 11 (2):31-38
- Tessier, A., P.G.C. Campbell and M. Bisson. 1979 Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Anal. Chem., 57 (7): 844-851.
- Vilar, S., A. Gutierrez, J. Antezana, P. Carral y A. Álvarez. 2003. Estudio comparativo de diferentes métodos de extracción secuencial para metales pesados en suelos. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Boletín Geológico y Minero, 114 (4): 453-461

RIESGO DE SALINIZACIÓN DE LOS SUELOS DEL SISTEMA COSTERO DE NAYARIT POR INCREMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Bojórquez Serrano José Irán¹, Ontiveros Guerra Hermes², Hernández Jiménez Alberto³, Marcelleño Flores Susana¹, Batlle Sales Jorge⁴

¹Universidad Autónoma de Nayarit, iranbojórquez@hotmail.com

²Estudiante de doctorado del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, UAN

³Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba

⁴Universidad de Valencia, España

Resumen

Se realizó la evaluación del riesgo de salinización del sistema costero por incremento del nivel del mar siguiendo la metodología de Naciones Unidas y los escenarios definidos por el IPCC (2007). La vulnerabilidad fue definida por los tipos de suelos y niveles de salinidad actuales y por las afectaciones esperadas para finales de siglo por incrementos del nivel del mar de 20, 50, y 90 cm, lo cual fue apoyado por datos de campo de 50 puntos de observación de niveles freáticos en temporada de secas y de lluvias. Los resultados muestran que la salinidad de los suelos en el sector estudiado se debe a la influencia mareal con influencia en la llanura y barras costeras así como las depresiones de la llanura baja; adicionalmente, el riesgo de salinización de suelos por incremento del nivel del mar se extiende a toda la llanura baja para 50 cm de aumento y las depresiones de la llanura media para 90 cm, hacia finales de siglo.

Palabras clave: cambio climático, gases de efecto invernadero, riesgos (cambio climático, efecto de gas invernadero).

Abstract

The evaluation of the risk of salinization of the coastal system by increasing the level of the sea following the methodology of United Nations and the scenarios defined by the IPCC (2007). The vulnerability was defined by the types of soils and current levels of salinity and the impact expected by the end of the century by increases in the level of the sea of 20, 50 and 90 cm, which was supported by 50 points of observation of water tables levels field data during dry and rainy season. The results show that the salinity of the soil in the studied area due to the tidal influence with influence in the plain and coastal bars and depressions of the low plain; in addition, the risk of salinization of soils by increase in the level of the sea extends to the entire low plain to increase to 50 cm and the depressions of the plain medium to 90 cm, towards the end of the century.

Key Words: climate change, greenhouse gases, risks (climate change, greenhouse gases, Risks).

Introducción

El incremento del nivel del mar (INM) es provocado por el cambio climático debido al aumento de temperatura que aumenta del volumen de los océanos por el derretimiento de los glaciares y por expansión térmica. Éste fenómeno tiene como consecuencia inundaciones en el territorio continental afectando principalmente a los sistemas costeros. Uno de los principales impactos en los suelos provocado por el INM es la salinización de éstos por la intrusión y permanencia del agua de mar desencadenando una serie de cambios en los ecosistemas con efectos en los sistemas de producción de alimentos en la agricultura y la ganadería.

Registros del nivel del mar de los últimos 100 años (Douglas, 1997 y Church and White, 2006) revelan una tendencia de incremento de 1.7 y 1.8 mm/año; asimismo, desde 1990 el IPCC (2007) plantea que por actividades antropogénicas, las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera se han incrementado de manera drástica provocando un aumento en la temperatura debido al efecto invernadero y prevé distintos escenarios a futuro estableciendo incrementos en la temperatura media anual de 1.5, 2.5 y 4.5 según sean las emisiones para fin de siglo. Estos incrementos en la temperatura a su vez provocan incrementos de 20 y 90 cm en el nivel medio del mar respectivamente, a nivel global. En la costa del pacífico mexicano

ha existido un incremento del nivel del mar de 1.9 ± 3.3 mm/año en Mazatlán y de 3.3 ± 2.5 mm/año en Manzanillo (Zavala *et al.*, 2010). Por otro lado, la llanura costera de Nayarit ha sido afectada por las transgresiones marinas ocurridas en el pleistoceno tardío (Curry y Moore, 1963; Curry *et al.*, 1969) llevándose a cabo un proceso de salinización en los suelos de manera natural. Actualmente se desconocen los riesgos de salinización por INM por lo que se planteó el presente estudio.

Materiales y métodos

Se seleccionó un sector de esta llanura para el estudio de riesgo, en la parte central, que incluye la planicie fluvial del río San Pedro. A partir de estudios previos (Bojórquez y López, 1995; Ontiveros, 2008; Bojórquez *et al.*, 2006; 2007; 2008 y 2010; Ontiveros *et al.*, 2010) y el análisis de 46 perfiles de suelos, se analizó la salinidad de los suelos por nivel geomorfológico y se construyeron los mapas de suelos y de salinidad actual.

Se determinó como amenaza de salinización de los suelos, los escenarios de incremento del nivel del mar de 20, 50 y 90 cm sugeridos por el IPCC para finales de siglo, tanto en temporada de secas como para la temporada de lluvias que es cuando alcanza la llanura el mayor nivel de inundación. La calificación de la amenaza de incremento del nivel del mar en la salinización de los suelos fue tomada de Bojórquez *et al.*, (2011), con valores promedio de 2.4, 3.0 y 4.6, para niveles los niveles de subida de 20, 50 y 90 cm, respectivamente.

Para evaluar la vulnerabilidad de los suelos a la salinización por incremento del nivel medio del mar, los niveles geomorfológicos del mapa de suelos se calificaron por su nivel de exposición en los escenarios de inundación de 20, 50 y 90 cm para finales de siglo (Figura 1). Asimismo, el mapa de salinidad actual de los suelos se generó con un modelo altitudinal a partir de mediciones de los niveles freáticos durante las estaciones de secas y húmeda, sobre un transecto integrado por 55 puntos de observación, con datos puntuales de pH y Conductividad Eléctrica, tanto del manto freático como el suelo. De acuerdo con este modelo y los escenarios de afectación de los niveles geomorfológicos del mapa de suelos, se proyectaron los niveles de inundación potencial sobre los niveles de salinidad actual, teniendo en cuenta el escenario más alto en emisiones con incremento de la temperatura promedio global de 4.5°C y elevación de 90 cm el nivel medio del mar. Con ello, se obtuvo el mapa de riesgo de salinidad potencial.

Finalmente, para la evaluación del riesgo se siguió la metodología del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 1992): $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} / \text{Vulnerabilidad}$. El análisis de la vulnerabilidad es el producto de relacionar la exposición con la sensibilidad.

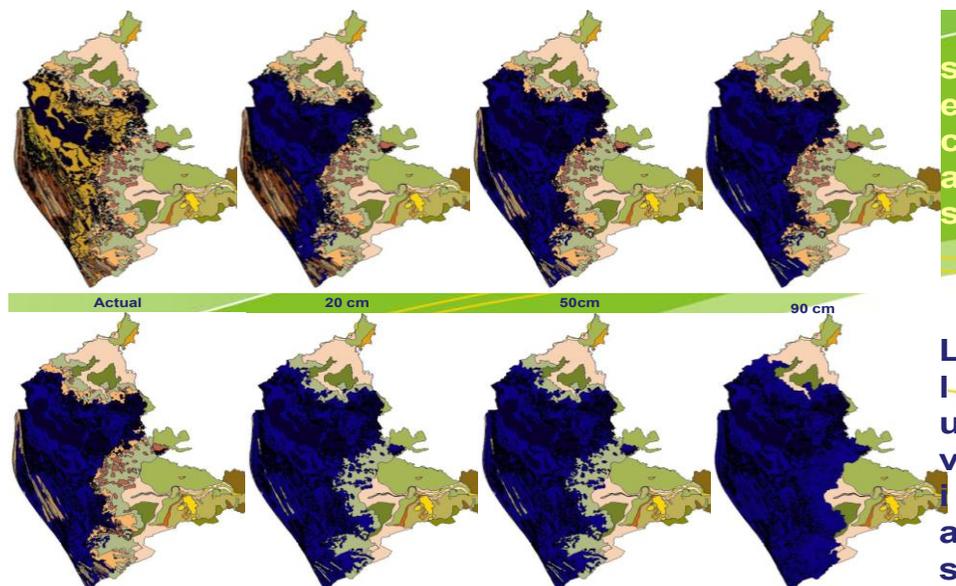


Figura 2. Escenarios de inundación según niveles de incremento del mar, para finales de siglo.

Resultados y discusión

Los tipos de suelos por nivel geomorfológico y los niveles de salinidad identificados a partir de análisis de los perfiles de suelos se presentan en la Figura 2.

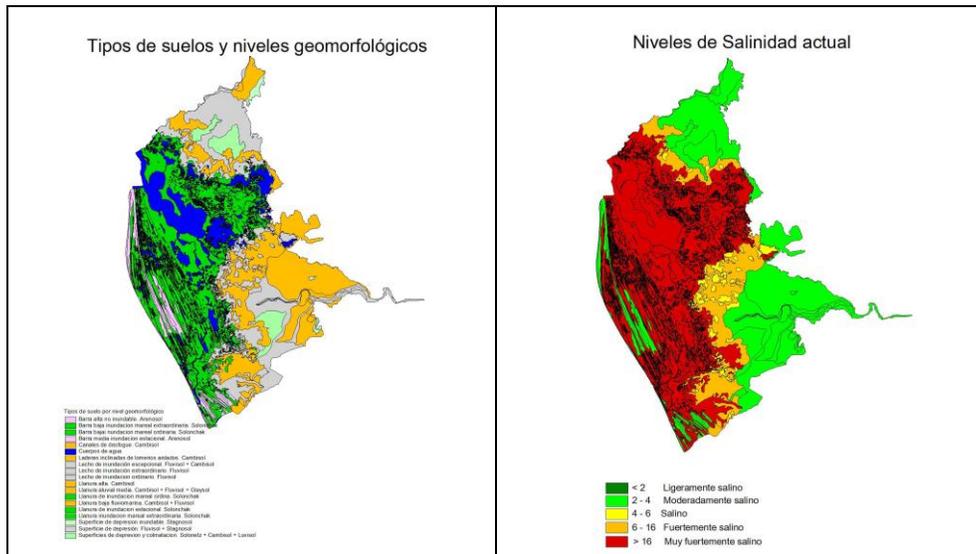


Figura 3. Tipos de suelos, niveles geomorfológicos y de salinidad.

Los niveles de exposición por inundación actual, y para el año 2100, de los niveles geomorfológicos se muestran en la Figura 3; en la primera, destacan valores muy bajos en toda la llanura deltaica, salvo en las depresiones de la llanura baja, también las barras costeras altas con baja exposición a inundaciones. Mientras que en la exposición para el año 2100, sobresalen niveles muy bajos en la parte media y alta de la llanura deltaica, sin embargo, las depresiones de la llanura media y la llanura baja aumentan a niveles medios de exposición, al igual que las barras altas.

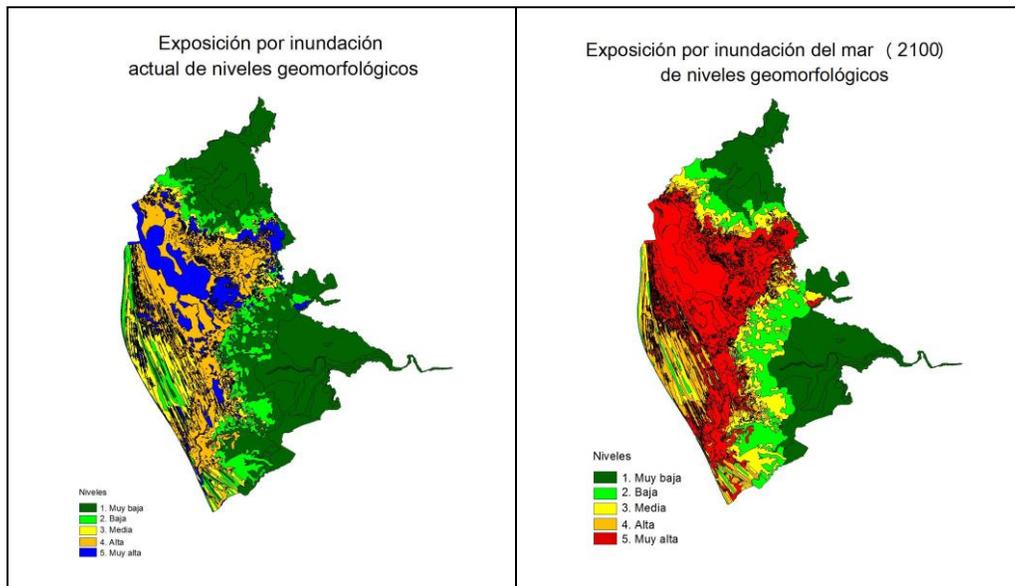


Figura 4. Niveles de exposición actual y potencial.

Se calificaron con valores del 1 al 5, los niveles de exposición del sistema costero y los suelos al incremento del nivel del mar se sumaron y dividieron por los dos indicadores para obtener un valor del nivel de exposición.

Los valores de exposición corresponden a los mismos valores de vulnerabilidad, dado que no existen acciones sobre prevención o recuperación de suelos salinos que permitan calificar los niveles de sensibilidad o respuesta para esta amenaza.

De lo anterior, resulta el mapa de vulnerabilidad de los suelos por incremento del nivel del mar. Sobresalen niveles de vulnerabilidad muy bajo en la parte media y alta de la llanura deltaica, bajos en la llanura baja y barras altas, medios en las depresiones de la llanura baja, barras intermedias y la llanura mareal con inundación estacional.

El riesgo fue calificado mediante la multiplicación de los valores de la amenaza según nivel de inundación de 20, 50 o 90 cm, con los valores de la vulnerabilidad. Los cambios con incrementos de 20 cm son poco evidentes por lo que se calificaron los riesgos para subidas de 50 y 90 cm (Figura 4). En las dos figuras que siguen, se tiene el resultado de los niveles de riesgo por salinización de suelos por incremento de 50 y 90 cm el nivel del mar (2100).

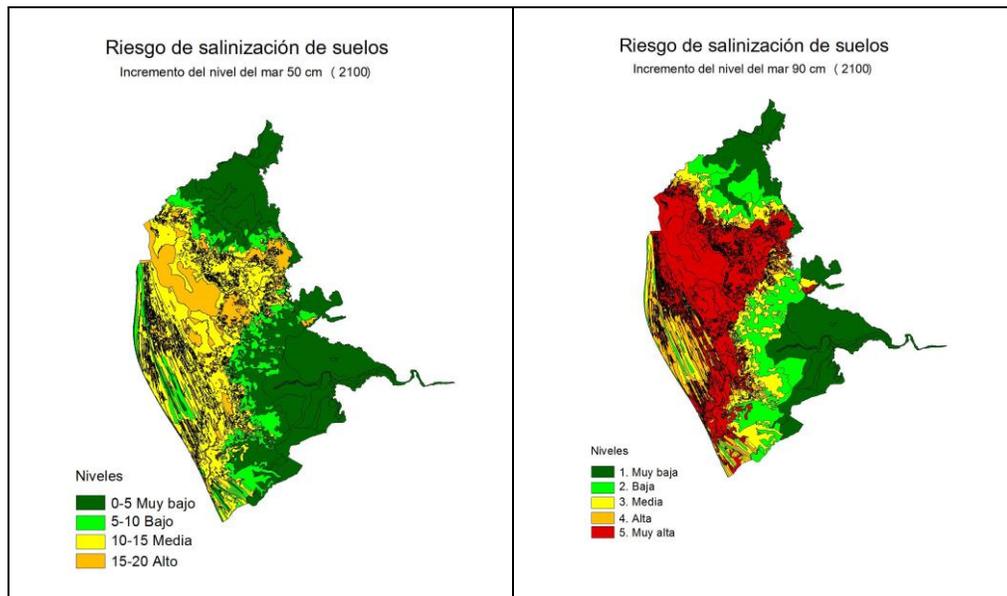


Figura 4. Riesgo de salinización de suelos por incrementos de 50 y 90cm del nivel del mar

Conclusiones

La salinización actual de los suelos del sistema costero de Nayarit, se debe principalmente a la influencia mareal, con afectaciones por nivel geomorfológico, así como toda la llanura de inundación y barras costeras con influencia mareal ordinaria, extraordinaria y estacional y las depresiones de la llanura baja; asimismo las depresiones de la llanura media presentan un proceso de desalinización. En tanto, el riesgo de salinización de suelos por incremento del nivel del mar se extiende a toda la llanura baja para 50 cm de aumento y las depresiones de la llanura media para 90 cm, hacia finales de siglo.

Literatura citada

Bojórquez, I.; O. Nájera; D. García; A. Hernández; A. Madueño, R. Bugarín (2006), —Particularidades de formación y principales suelos de la llanura costera norte de Nayarit, México”, Cultivos Tropicales, núm. 27(4), pp. 19-26.

- Bojórquez et al., 2011. Informe técnico final del proyecto "Impacto y estrategias de mitigación del cambio climático en el estado de Nayarit". Proyecto FOMIX: Nayarit 2008-04-109589. Universidad Autónoma de Nayarit, Tepic, Nayarit.
- Curry, J., F. Emmel and P. Crampton 1969. Holocene history of strand plain, lagoonal coast, Nayarit, Mexico. *Memorias del Simposio Internacional de Lagunas Costeras*. UNAM, México, pp. 63-100.
- Douglas B. C., 1997: *Global Sea Rise: a redetermination*, Department of Geography, University of Maryland, USA, *Surveys in Geophysics*, Kluwer Academic Publishers. Netherlands, 18: 279-292.
- IPCC 2007. *Climate change. Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.
- Church John A. and White Neil J., 2006: A 20th century acceleration in global sea-level rise, *Geophysical Research Letters*, VOL. 33, L01602
- Zavala-Hidalgo, J., R. de Buen Kalman, R. Romero-Centeno, F. Hernández Maguey 2010. Tendencias del nivel del mar en las costas mexicanas, p. 249-268. *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. Semarnat-ine, unam-icmyl, Universidad Autónoma de Campeche. México. 514 p.

ÁCIDOS CARBOXÍLICOS PROCEDENTES DE MAÍZ Y DE BACTERIAS SOLUBILIZADORAS DE FOSFATOS EN INTERACCIÓN CON SUELO AGRÍCOLA

Ferrer Rito María del Socorro¹, Medina-De la Rosa Guadalupe¹, Carcaño-Montiel Moisés Graciano¹, Hernández-Espinosa Miguel Ángel^{2,3}, Tapia-Hernández Armando¹ y López-Reyes Lucia^{1,2}

¹Laboratorio de Microbiología de Suelos, Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas.

²Posgrado en Ciencias Ambientales. ³Departamento de Investigación en Zeolitas.

Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma Puebla.

E-mail: luloperey@yahoo.com.mx

Resumen

Los ácidos carboxílicos son compuestos exudados de la raíz de las plantas y producto del metabolismo de algunas bacterias, los cuales estimulan la formación de complejos ácido orgánico-metal en la rizósfera, que incrementan la solubilidad y motilidad, facilitando así la absorción y la retención intracelular de los metales en el sistema radical. Primeramente, se realizó un muestreo de suelo en el municipio de San Juan Atenco, Puebla, México para su análisis fisicoquímico y biológico de superficie. Además, se identificaron ácidos carboxílicos exudados en diferentes variedades de maíz inoculadas con bacterias solubilizadoras de fosfatos en cultivo hidropónico y en suelo agrícola. Finalmente, al suelo se le proporcionó diferentes ácidos carboxílicos para evaluar su dinámica de adsorción. Se encontraron diferencias dependiendo de la variedad de maíz, la bacteria inoculada y el medio ensayado.

Palabras clave: ácidos, adsorción, bacterias.

Abstract

The carboxylic acids are compounds of the root exudates of plants and products of metabolism of some bacteria, which stimulate the formation of organic acid-metal complex in the rhizosphere that increase the solubility and motility, facilitating the intracellular uptake and retention in the root system. First was realized a soil sampling in San Juan Atenco, Puebla, México for physicochemical and biological surface. In addition, carboxylic acids were identified as exudates in different maize varieties inoculated with solubilizing phosphate bacteria in hydroponics and agricultural soil. Finally, the soil was given different carboxylic acids to assays the dynamics of adsorption. Differences were found depending on the variety of maize, the inoculated bacteria and the environment assay.

Key Words: acids, adsorption, bacteria

Introducción

Los vegetales obtienen los nutrientes básicos para su desarrollo del suelo y agua, es una mezcla de minerales y materiales orgánicos capaces de soportar vida vegetal, animal y microbiana y establecer entre ellos una relación dinámica (Thompson y Troeh, 2002). El suelo, es capaz de adsorber muchas sustancias en forma de iones o moléculas, cuando entran en contacto con sus componentes. La adsorción se produce en las superficies de las partículas y generan propiedades que están determinadas por los componentes presentes, tanto orgánicos (humus) como inorgánicos (arcillas). Los cationes tales como el Al^{+3} , H^{+} , NH_4^{+} , K^{+} , Ca^{++} , Mg^{++} y Na^{+} son extraídos de la solución del suelo por los minerales arcillosos, los cuales debido a su carga eléctrica negativa, atraen a los iones cargados positivamente. En el intercambio de cationes, un ion de carga positiva que esté cerca del complejo arcilloso es liberado y sustituido por un ion de otro tipo, no todos los cationes son adsorbidos con la misma intensidad por el coloide (Navarro y Navarro, 2003). El intercambio iónico está relacionado estrechamente con las transformaciones biológicas debido a sus efectos sobre la disponibilidad de nutrientes y la acidez del suelo (Casanova, 2005). El desarrollo de las plantas es controlado por señales internas que dependen de un suministro adecuado de nutrientes minerales del suelo a la raíz, así la disponibilidad puede ser una mayor limitación para el crecimiento vegetal. Las plantas toman nutrientes minerales en la rizósfera, donde los microorganismos interactúan

con los productos vegetales generados como exudados de raíz (Dakora y Phillips, 2002), que pueden estimular, inhibir, o no tener efecto en las actividades de los microorganismos del suelo (Pinton *et al.*, 2001). Los compuestos orgánicos detectados en los exudados de raíz de plantas, incluyen: azúcares, polisacáridos, aminoácidos, ácidos grasos, esteroides, factores de crecimiento, vitaminas, enzimas ácidos orgánicos entre otros compuestos (Uren, 2001). Diversos estudios, han demostrado que los exudados radicales están formados por ácidos orgánicos generados principalmente a partir del ciclo de los ácidos tricarbónicos (González y Zapata, 2008). La liberación de los ácidos carboxílicos, es a través de un proceso pasivo (Bertin *et al.*, 2003; Neumann y Romheld, 2001). Algunos productos químicos como los ácidos orgánicos, que normalmente son exudados en altas concentraciones, que no se puede difundir a través de las membranas de la raíz cuando están bajo estrés, hay deficiencias nutricionales o toxicidad. En tal caso, los canales de aniones pueden mediar la liberación controlada de estos productos por las raíces (Bertin *et al.*, 2003). La importancia de los ácidos en el sistema radical se debe a que estos pueden influir en la solubilidad de elementos esenciales y no esenciales de manera directa mediante la acidificación, la quelación, la precipitación y procesos de oxidación-reducción en la rizósfera, y de forma indirecta a través de efectos en la actividad microbiana, en las propiedades físicas de la rizósfera y en la dinámica de crecimiento de la raíz (González y Zapata, 2008). Los ácidos orgánicos pueden actuar como quelantes de metales en la rizósfera, pero se cree que el efecto más importante es en la disponibilidad fósforo. El fósforo, como el hierro, es relativamente abundante en los suelos, pero en formas no disponibles. El fósforo en particular, es a menudo vinculado con sustancias insolubles de hierro, aluminio y calcio. Los ácidos carboxílicos como el cítrico, málico, y oxálico entre otros, pueden formar complejos con el hierro o el aluminio, por lo tanto la liberación de fosfatos y con ello la disponibilidad para las plantas en el suelo. Varias plantas aumentan la rizosecreción de ácidos orgánicos, sustancialmente en respuesta a las deficiencias de fósforo (Hasrh *et al.*, 2006). Se ha encontrado factores ambientales que influyen en la cantidad y composición de los exudados radicales y por lo tanto en la cantidad de poblaciones microbianas de la rizósfera (Brimecombe, 2001). Las bacterias de vida libre o asociativa que habitan la rizósfera pueden estimular el crecimiento de las gramíneas a través de diversos mecanismos como la solubilización de fosfato inorgánico y la mineralización de los fosfatos orgánicos, hace que el fósforo se encuentre disponible para las plantas (Loredo *et al.*, 2001; Rodríguez y Fraga, 1999). Por lo tanto se considera, que la solubilización de distintas rocas fosfatadas y de otras fuentes de fósforo inorgánico producida por los microorganismos del suelo, es una alternativa fundamental para incrementar la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas (Fernández *et al.*, 2005). El uso de bacterias solubilizadoras de fosfato como inoculantes, es el principal mecanismo de solubilización de fosfatos minerales mediante la producción de ácidos orgánicos y fosfatasas ácidas que desempeñan un papel importante en la mineralización del fósforo orgánico en el suelo (Rodríguez y Fraga, 1999). Se han aplicado bacterias a semillas, tubérculos o raíz, y son capaces de colonizar las raíces de las plantas y estimular el crecimiento y rendimiento de cultivos (Díaz *et al.*, 2001). El objetivo de este trabajo es determinar los ácidos carboxílicos producidos por plantas de maíz y bacterias solubilizadoras de fosfatos en su interacción con suelo agrícola es de manera diferencial.

Materiales y Métodos

El suelo que se muestreo es procedente del Ejido Santa Cruz perteneciente al Municipio de San Juan Atenco, Puebla, México. Se utilizó para la caracterización física, química, biológica y de superficie. En la caracterización física y química, se consideraron los siguientes parámetros: pH, humedad, capacidad de campo, textura, capacidad de intercambio catiónico, conductividad eléctrica bajo la metodología propuesta en la NOM -021-SEMARNAT-2002. Para la identificación de ácidos orgánicos, se realizó a partir de cinco variedades de maíz: criollo rojo, criollo azul, criollo amarillo, silvestre (teocintle) y maíz híbrido QPM; en suelo y en solución hidropónica con y sin la presencia de bacterias solubilizadoras de fosfatos. El suelo se tamizó a través de una malla de 2 mm de diámetro, se llenó las macetas con capacidad de 1000 kg con suelo y para el cultivo hidropónico se utilizó 100 mL de solución de Hoagland, en vasos Berzelius; en ambos casos, se sembraron las diferentes variedades de maíz por triplicado. Para la propagación de las plántulas se esterilizaron las semillas por inmersión en hipoclorito de sodio al 10% por 5 minutos,

posteriormente se lavaron cinco veces consecutivas con agua destilada estéril. Se hizo germinar a las semillas en el suelo y cultivo hidropónico las cuales fueron inoculadas con bacterias solubilizadoras de fosfatos; después se retiraron las plantas para obtener los exudados radicales. Se identificaron los ácidos carboxílicos a través de las técnicas de HPTLC en suelo de la rizósfera y del sobrenadante del cultivo hidropónico con solubilizadoras de fosfatos. Para evaluar la interacción del suelo con diferentes ácidos carboxílicos; se prepararon soluciones de ácidos carboxílicos; de cada solución se tomaron 10 mL y se colocaron en vasos de precipitados que contendrán 2 g de suelo, se procedió a la agitación y cada 15 minutos se tomaron muestras que se valoraron con hidróxido de sodio y se procedió a graficar para conocer el comportamiento del suelo con diferentes ácidos carboxílicos.

Resultados y Discusión

En el suelo agrícola estudiado, se observaron las siguientes características: pH (7.8), capacidad de campo (0.347%), textura (franco arenosa), conductividad eléctrica (172 μS) y capacidad de intercambio catiónico (0.2875 meq 100 g^{-1} de suelo equivalente), que junto con la caracterización biológica y de superficie nos dan una idea general de las características del suelo (NOM-021-SEMARNAT-2002).

En el Cuadro 1, se observan los ácidos carboxílicos presentes en los exudados radicales de maíz de diferente variedad. Se puede notar que el ácido ascórbico, se encuentra asociado a todas las muestras, mientras que los ácidos galacturónico, glutámico, α -ketoglutarico y glutámico sólo se detectaron en el maíz QPM y que además fue el de mayor número de ácidos orgánicos detectados. En la variedad de maíz criollo amarillo, se encontraron los ácidos: salicílico, ascórbico y ácido B (no identificado) y en maíz criollo negro, se presentaron los ácidos: ascórbico, benzoico y B; el maíz criollo rojo presentó cinco ácidos orgánicos Ácido glutámico, ascórbico, benzoico y los ácidos A (No identificado) y B. Por último, el teocintle reveló cuatro bandas que se identificaron como los ácidos salicílico, ascórbico, benzoico y ácido A. Los ácidos malónico, tartárico, málico, fumárico, succínico y salicílico ya han sido reportados previamente (Chaffai *et al.*, 2006), así como el ácido cítrico (Gaume *et al.*, 2001), y los ácidos glutámico y láctico (Baudoin *et al.*, 2003).

Cuadro 1. Comparación de los ácidos orgánicos identificados en los exudados radicales de las cinco variedades de maíz.

Ácidos orgánicos	Tratamiento				
	Amarillo	Negro	Rojo	Teocintle	QPM
Ácido galacturónico	-	-	-	-	+
Ácido glutámico	-	-	+	-	+
Ácido salicílico	+	-	-	+	-
Ácido ascórbico	+	+	+	+	+
Ácido benzoico	-	+	+	+	-
Ácido A	-	+	+	+	+
Ácido B	+	-	+	-	-
Ácido α -ketoglutarico	-	-	-	-	+
Ácido glutámico	-	-	-	-	+

CA = Criollo amarillo; CN = Criollo negro; CR = Criollo rojo; T= Teocintle; QPM = Quality Protein Maize. Los símbolos indican la presencia (+) o ausencia (-) del ácido en los exudados radicales.

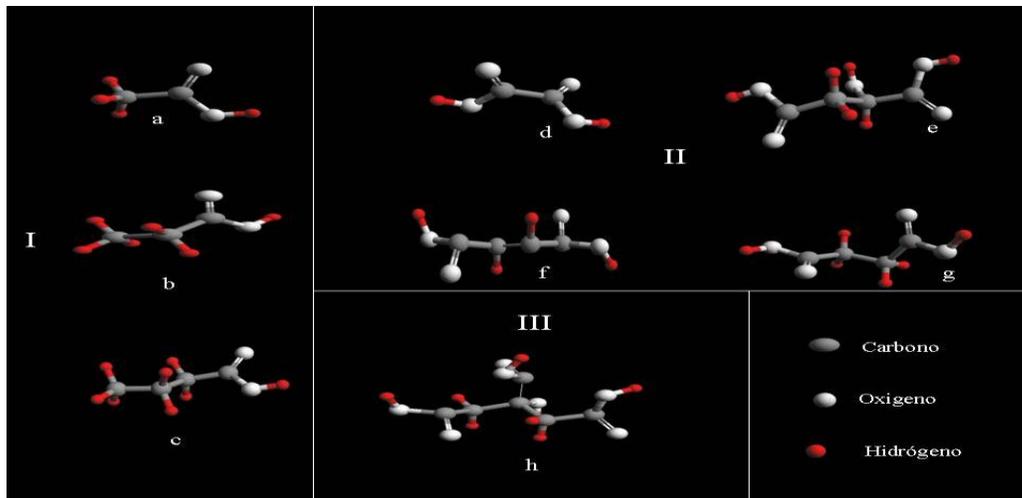


Figura 1. Estructura molecular de: I Ácidos mono-carboxílicos = a) ácido acético, b) ácido propanoico, c) ácido butanoico. II Ácidos di-carboxílicos = d) ácido oxálico, e) ácido málico, f) ácido fumárico, g) ácido succínico. III Ácido tri-carboxílico = h) ácido cítrico.

Cabe mencionar que al inocular bacterias productoras de ácidos carboxílicos de los géneros *Acinetobacter calcoaceticus* y *Chromobacterium violaceum* a las plantas de maíz en solución nutritiva y suelo agrícola, genera un efecto sinérgico en la producción de ácidos ya que se incrementan en calidad y cantidad tanto en solución nutritiva como en el suelo agrícola de estudio. Lo que puede estar relacionado con los mecanismos por medio de los cuales movilizan nutrientes como fosfatos mediante la disminución de pH a través de la liberación ácidos orgánicos (Gaume *et al.*, 2001); la eliminación de protones en el medio extracelular y su intercambio con cationes unidos a los compuestos de fósforo, la producción de ácidos inorgánicos como el ácido sulfhídrico, ácido nítrico o ácido carbónico (Rodríguez y Fraga, 1999)

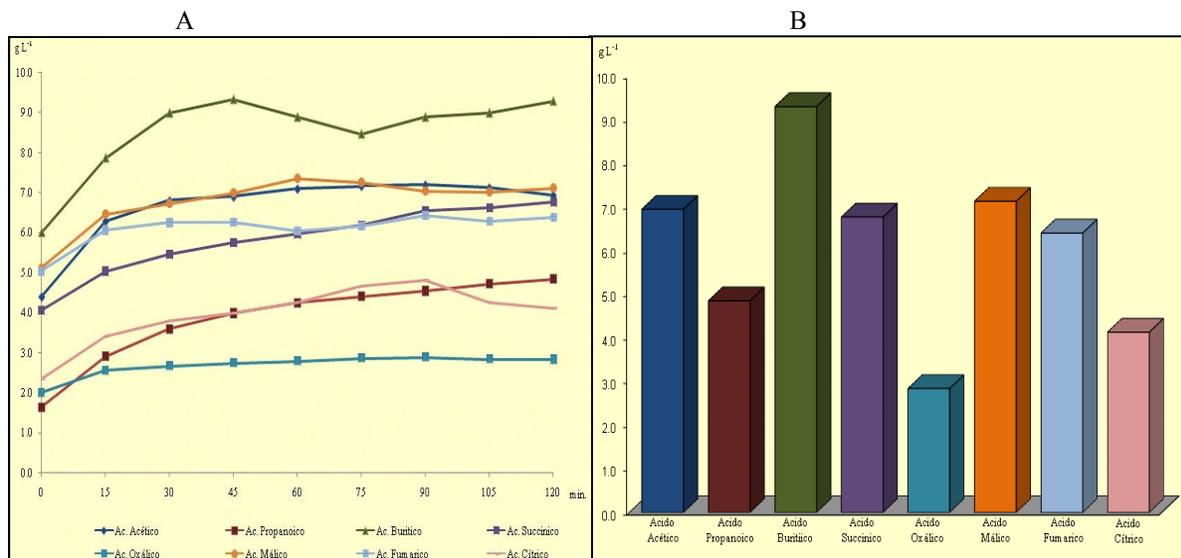


Figura 2. A. Diferencias en la cinética de adsorción de ácidos carboxílicos en suelo agrícola. B. Adsorción diferencial de ácidos carboxílicos a suelo agrícola.

En la Figura 2A, se muestran los gráficos de adsorción de diferentes ácidos carboxílicos en suelo agrícola indicando la diferencia en la capacidad de retención por parte del suelo, lo cual puede estar en relación con la estructura química del compuesto ya que se noto diferencias entre ácidos mono-carboxílicos, ácidos di-carboxílicos y ácidos tri-carboxílicos cuyas estructuras se muestran en la Figura 1. En la Figura 2B, se compara la capacidad de adsorción máxima de los ácidos carboxílicos a los 120 minutos, se observa de los ácidos mono-carboxílicos tienden a tener mayor capacidad de interacción en suelo agrícola en comparación con los ácidos di y tri carboxílicos. Los ácidos málico, fumárico y succínico tuvieron mayor interacción en el suelo en comparación del ácido oxálico a pesar de ser todos ellos di-carboxílicos por lo que la longitud de la cadena o peso molecular podría estar relacionado y el ácido cítrico presentó una menor adsorción en suelo, lo que se asocia con su polaridad. Por lo que dependiendo de las propiedades físicas y químicas del compuesto y el número de grupos carboxilo, generan diferente asociación al suelo y consecuentemente disponibilidad. Los ácidos carboxílicos que tienen carga negativa, pueden formar complejos con cationes metálicos en solución y el desplazamiento de aniones de la solución del suelo.

Conclusiones

Los ácidos carboxílicos producidos por plantas de maíz son diferentes para cada variedad y mostraron interacción con suelo agrícola en relación con la estructura química, peso molecular y polaridad.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP_BUAP) por el financiamiento de la presente investigación mediante el proyecto: "Influencia del Ambiente rizosférico en la diversidad de las bacterias asociadas a maíz".

Literatura Citada

- Baudoin, E., Benizri, E. y Guckert, A. 2003. Impact of artificial root exudates on the bacterial community structure in bulk soil and maize rhizosphere. *Soil and Biochemistry*. 35(9):1183-1192.
- Bertin, C., X. Yang and L. A. Weston. 2003. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. *Plant and Soil* 256: 67-83
- Brimecomb, M., F. A. de Leij, and James M. Lynch. 2001. The effect of root exudates on Rhizosphere microbial populations. In *The Rhizosphere: Biochemistry and Organic Substances at the Soil-plant Interface*, ed. R Pinton, Z Varanini, P Nannipieri. Págs. 41-93. Edit. Marcel Dekker
- Casanova, E. 2005. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Central de Venezuela Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Págs. 175-180
- Chaffai, R., Tekitek, A. y Ferjani, E. 2006. Thin layer chromatography of organic acids in maize (*Zea mays* L.). Plants under Al and Zn toxicity. *American Journal of Plant Physiology*. 1(1):65-75.
- Dakora, F., D. A. Phillips. 2001. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low nutrient environments. *Plant and Soil*. 245: 35-47.
- Diaz, P., R. Ferrera, J. J Almaraz y G. Alcantar. 2001. Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento en lechuga. *Terra*. 19(4):327-335.
- Fernandez, L., P. Alba, M. A. Gomez y M. A. Sagardoy. 2005. Bacterias solubilizadoras de fosfato inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. *CI. Suelo(Argentina)*23(1) :31-37
- Gaume, A., Mächler, F., De León, C., Narro, L. y Frossard., E. 2001. Low P-tolerance by Maize (*Zea mays* L.) genotypes: Significance of root growth, and organic acids and acid phosphate root exudation. *Plant and Soil*. 228: 253-264.
- González., D. y O. Zapata. 2008. Mecanismos de tolerancia a elementos potencial tóxicos en plantas. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. UNAM Bol. Soc. Bot. Mex.* 82: 53-61
- Harsh, P. Bais., T. L. Weir, L. G. Perry, S. Gilroy and J. M. Vivanco. 2006. The role of root exudates in rhizosphere interactions with and other organisms. *Annu. Rev Plant Biol.* 57:233-266.
- Loredo, C., L. López y D. Espinosa. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. *Terra Latinoamericana*. 225-23.

- Navarro, S., G. Navarro. 2003. *Química Agrícola*. Págs. 33-51. Edit. Aedos.
- Neumann, G., and V. Romheld. The release of root exudates as affected by the plant's physiological status. In: R. Pinton, Z. Varanini, P. Nannipieri. *The Rhizosphere. Biochemistry and Organic Substances at the Soil-plant Interface*, Edit. Marcel Dekker ed. 41-93p.
- Pinton, R., Z. Varanini Z., Nannipeire P. 2001. The Rhizosphere as a site of biochemical interactions among soil components, plants and microorganisms. In *The Rhizosphere: Biochemistry and Organic Substances at the Soil-plant Interface*, ed. R. Pinton, Z. Varanini, P. Nannipieri. Edit. Marcel Dekker. 1-17p.
- Rodríguez, H., R. Fraga. 1999. *Biotechnology Advances* 17. Elsevier. 319-339p
- Thompson, L. M. y F. R. Troeh. 2002. *Los suelos y su fertilidad*. Editorial. Reverte. 1-19p.
- Uren, Nicolas. 2000. Types, amounts and possible functions of compounds released into the rhizosphere by soil grown plants. In *The Rhizosphere: Biochemistry and Organic Substances at the Soil-plant Interface*, ed. R Pinton, Z Varanini, P Nannipieri. pp. 19-40. Edit. Marcel Dekker.

ACTIVIDAD FOSFATASA Y ARILSULFATASA DE SUELOS RIBEREÑOS EN BOSQUES TEMPLADOS DEL PARQUE NACIONAL IZTA-POPO

Martínez Mialma Sergio Alejandro, Cruz Flores Gerardo

Laboratorio de Edafología y Fisiología de la Nutrición Vegetal, UMIEZ L-8 Planta Alta FES
Zaragoza, UNAM. Samm087@hotmail.com

Resumen

Por considerar la importancia del creciente deterioro de los suelos ribereños de bosques templados por las actividades antropogénicas, se determinó la fosfatasa ácida-alcalina y arilsulfatasa, como indicadores de calidad del suelo que se encuentran relacionadas con los ciclos de nutrientes liberando P y S inorgánico al suelo. Para determinar las propiedades físicas y químicas del suelo, las muestras se colectaron en ambos lados a 1 y 5 m respectivamente en transectos de 30 m a lo largo del río. Para determinar la actividad enzimática y densidad se usaron tubos de PVC. Se colectaron hojas de las plantas dominantes de cada zona, para analizar fósforo y azufre foliar. Para comparar la relación entre la actividad de la fosfatasa y arilsulfatasa con la liberación de P y S se obtuvo suelo en sitios con diferente uso. Además de las actividades enzimáticas se determinó MOS y pH. Los resultados mostraron que la actividad de las enzimas se ve influenciada por las propiedades físicas y químicas como el pH, MOS, % humedad, P-disponible y S-disponible que a su vez estas son sensibles a los cambios de uso de suelo, por tal motivo la actividad de la arilsulfatasa y fosfatasa pueden ser usados como indicadores de conservación de suelos de zonas ribereñas.

Palabras clave: Zona ribereña, actividad fosfatasa y actividad arilsulfatasa.

Abstract

Considering the importance of increasing deterioration of riparian soil in temperate forests by anthropogenic activities, was determined acid-alkaline phosphatase and arylsulfatase as they are indicators of soil quality that are related to the recycling of nutrients released inorganic P and S to the ground. To determine the physical and chemical properties of soil samples were collected on both sides at 1 and 5 m respectively at 30 m transects along the river. To determine the enzymatic activity and density PVC pipes were used. Leaves were collected from the dominant plants in each area, to analyze foliar phosphorus and sulfur. To compare the relationship between phosphatase activity and arylsulfatase with the release of P and S were sampled in different land uses. In addition to the enzymatic activity were determined organic matter and pH. The results show that the activity of enzymes is influenced by physical and chemical properties such as pH, MOS, % moisture, P-availability and S-availability which in turn they are sensitive to changes in land use, for that reason the activity of arylsulfatase and phosphatase can be used as indicators of soil conservation of riparian zones.

Key Words: Riparian zones, phosphatase activity and arylsulfatase activity.

Introducción

El suelo es un recurso no renovable en la escala de tiempo humana, sin embargo es un sistema dinámico, cuyo funcionamiento es vital para la producción de alimentos, y para el mantenimiento de la calidad ambiental local, regional y global (Doran *et al.*, 1999). De ésta manera, el suelo no solo es la base para la agricultura y para los diferentes ecosistemas, sino que además de él depende toda la vida del planeta.

Entre los elementos que las plantas toman del suelo se tiene al nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) que son nutrimentos esenciales de gran importancia. El N y S son constituyentes de proteínas, de enzimas, compuestos de reserva y componentes de biomembranas. El P y N son constituyentes de los nucleótidos, transferencia de energía (ATP), de electrones (NADP, NAPH), información genética (DNA y RNA) y metabolismo de proteínas (Marschner, 1995).

Las etapas esenciales de los ciclos globales del agua, C, N, P y S ocurren en el suelo aunque la velocidad del reciclaje y la disponibilidad de estos elementos, están siendo alteradas continuamente por las diferentes formas de vida y la constante búsqueda de fuentes de alimento y energía (Doran *et al.*, 1999).

Los primeros indicadores sobre *tensión* o *estrés*, en los ecosistemas, pueden funcionar como "sensores", cuya perturbación es muy sensible y puede advertirnos sobre la degradación del suelo en comparación con otros que cambian poco a poco como la materia orgánica (Dick, 1994). Las actividades enzimáticas del suelo son los principales candidatos a "sensores" ya que integran información por una parte sobre el estado microbiológico del suelo, y por el otro, sobre sus propiedades físicoquímicas (Aon y Colaneri, 2001).

Las fosfatasas catalizan la hidrólisis de los monoésteres de fosfato (EC 3.1.3) y son enzimas con especificidad relativamente amplia, capaz de actuar en una serie de diferentes sustratos estructuralmente relacionados, pero a tasas muy diferentes. Recibiendo diferentes nombres de acuerdo a su acción en los diferentes sustratos (Alef y Nannipieri, 1995).

Las sulfatasas catalizan la hidrólisis del éster sulfato orgánico (EC 3.1.6) y han sido clasificadas de acuerdo al tipo de éster en arilsulfatasas. Han sido detectadas en microorganismos, plantas y animales (Nicholl y Roy, 1991 citados por Alef y Nannipieri, 1995).

Visser y Parkinson (1992) han sugerido que las propiedades biológicas y bioquímicas más útiles para determinar la calidad del suelo desde una perspectiva funcional, son aquellas relacionadas más íntimamente con el reciclado de nutrientes, porque proporcionan "información" sobre el estado funcional del suelo.

Actualmente existen evidencias de que el grado de perturbación del suelo se ha acentuado por la extracción de flora y fauna, pastoreo, manejo forestal, uso agrícola y actividades turísticas en las subcuencas la Compañía, Amecameca y Cuautla. Esto ha promovido la pérdida de la materia orgánica, reduciendo la fertilidad, la capacidad de campo y la estabilidad estructural, incrementado la erosión y el CO₂ atmosférico, por tal motivo, el presente trabajo busca contribuir en la evaluación de calidad del suelo y sistema hídrico en el Parque Nacional Izta-Popo determinando la actividad enzimática de la Arilsulfatasa y Fosfatasa ácida-alcalina de suelos ribereños y al precursoras de la liberación de elementos de S y P están relacionados con los ciclos biogeoquímicos siendo esenciales para las plantas.

Por ello, considerando la importancia del creciente deterioro de los suelos ribereños de bosques templados por las actividades antropogénicas y la carencia de información sobre la actividad de las enzimas, se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿La actividad de las enzimas arilsulfatasa y fosfatasas proporcionan información sobre el estado funcional de suelos ribereños?

El objetivo del trabajo fue:

- Evaluar la calidad y salud del ambiente ribereño mediante la actividad enzimática de la Arilsulfatasa (ASS) y Fosfatasa ácida-alcalina en diferentes usos de suelo del Parque Nacional Izta-Popo y zonas de influencia.

Materiales y Métodos

Se realizó una investigación cartográfica para la localización de seis estaciones o sitios de muestreo en ambientes ribereños del Parque Nacional Izta-Popo, seleccionados en base a diferente uso de suelo que concuerda con un gradiente altitudinal:

i) Ecotono pastizal montano con pino: Cañada Amalacaxco, ii) Ambiente ribereño con bosque de pino y oyamel de bajo grado de perturbación: Potrero, iii) Actividades recreativas (Ecoturismo): Apozonalco, iv) Actividades agricultura y granjas: Tomacoco, v) Zona adyacente a cultivo de maíz: Tezahuac y vi) Zona adyacente a asentamientos urbanos: Libramiento-Vías.

En cada sitio se trazaron cuatro tirantes de 30 m, dos a uno y dos a cinco metros de amplitud a ambos lados de los afluentes (Figura 1). En los cuadrantes resultantes, se formaron muestras compuestas de suelo

de 0 a 20 cm de espesor para la caracterización física y química después de secar y tamizar a través de una malla 2mm. Las muestras para determinar actividad de enzimas del suelo, tuvieron espesor de 0 a 10 cm.

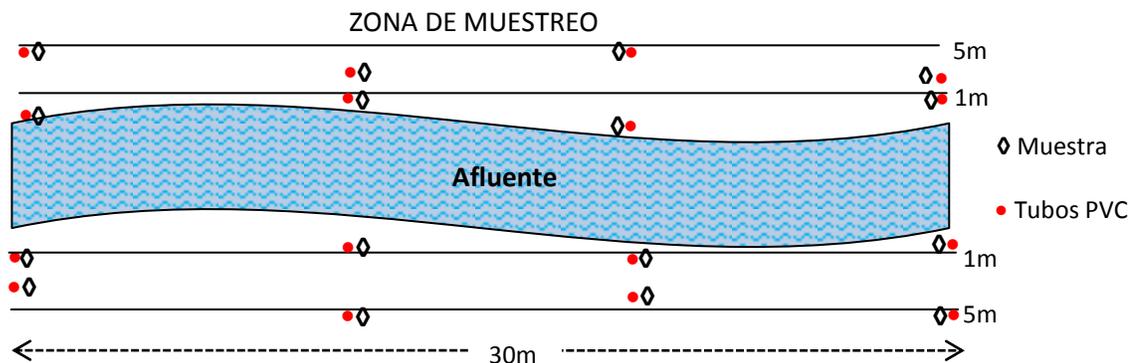


Figura 1. Descripción de la toma de muestras para análisis físico-químico, actividad enzimática, y densidad aparente del suelo.

Las propiedades físicas y químicas del suelo que se evaluaron fueron MOS con el método de Walkley-Black (Jackson, 1982). El P-disponible del suelo, métodos de Olsen y Bray I; S-extractable y determinado con el método turbidimétrico; densidad aparente, método del cilindro (Domínguez y Aguilera 1987); pH Activo y potencial 1:2 en agua desionizada y KCl 1N respectivamente (Jackson, 1982) y conductividad eléctrica de la solución del suelo relación 1:5 y pH NaF relación 1:50. Para el análisis bioquímico se determinaron la actividad de la enzima Arilsulfatasa (AAS) por el método del p-nitrofenol sulfato (Tabatabai, 1994) y la fosfatasa ácida y alcalina por el método p-nitrofenol fosfato (Tabatabai, 1994). Para el análisis químico de tejido foliar, se determinó S por digestión ácida y cuantificación turbidimétrica y P-total (Digestión de HClO_4 y determinado con base al desarrollo del complejo vanadomolibdofosfórico, Jackson, 1964). A los datos obtenidos se les efectuó un análisis de varianza (GLM) y una prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha < 0.05$).

Resultados y Discusión

La ubicación de los sitios a lo largo del gradiente de altitud mostró que esta fue un factor que influyó de manera significativa ($P \leq 0.05$) sobre pH H_2O ($r = -0.83$) y actividad de la arilsulfatasa ($r = 0.69$). El signo negativo del coeficiente de correlación muestra que a mayor altitud los suelos tienen mayor acidez; en tanto que el coeficiente positivo de la AAS indica que en sitios de mayor altitud aumenta la liberación de sulfatos por actividad de esta enzima respecto a lugares más bajos (Cuadro 1).

Las mayores cantidades de fósforo fueron encontradas en Tezahuac (0.69 mg kg^{-1}) que es uno de los sitios más bajos y cuyos suelos tienen uso agrícola donde se agregan fertilizantes que al no ser absorbido de manera inmediata se acumula en el suelo (fijación de fósforo).

El contenido de MOS fue mayor (18.9%) en Amalacaxco a una altitud de 3,722 m, donde la temperatura y actividad microbiana, es menor y la tasa de degradación de materia orgánica es baja, lo que provoca su acumulación. En cambio en sitios donde predomina el uso de suelo agrícola (Tezahuac) y uso de suelo urbano (Vías) que se encuentran en altitudes inferiores a 2500 m el porcentaje de MOS fue de 2.22 y 2.18% respectivamente. Según la NOM-021-RECNAT-2000, los valores obtenidos se sitúan entre muy bajo y medio.

Cuadro 1. Propiedades físicas, químicas y el efecto de altitud en suelos de las localidades evaluadas.

Sitio	pH H ₂ O	Ariulfatasa	Fosfatasa Ac. μg p-NP g ⁻¹ h ⁻¹	Fosfatasa AL	MOS %	P-disponible mg kg ⁻¹	S-disponible
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
Amalacaxco	5.02 ± 0.11	0.021 ± 0.0018	0.0006 ± 0.0001	0.00028 ± 3.01E ⁻⁰⁵	13.99 ± 3.29	0.285 ± 0.010	0.22 ± 0.012
Potrero A	5.39 ± 0.095	0.017 ± 0.007	0.0006 ± 0.00026	0.00029 ± 8.04E ⁻⁰⁵	4.86 ± 0.40	0.258 ± 0.005	0.245 ± 0.0235
Potrero B	5.71 ± 0.076	0.0139 ± 0.0027	0.00065 ± 0.00032	0.00028 ± 7.036E ⁻⁰⁵	6.16 ± 0.217	0.338 ± 0.0154	0.26 ± 0.034
Apozonalco	5.74 ± 0.1889	0.007 ± 0.0031	0.00025 ± 0.0001	0.00013 ± 4.70E ⁻⁰⁵	7.67 ± 0.26	0.329 ± 0.014	0.213 ± 0.0244
Tomacoco	6.50 ± 0.060	0.010 ± 0.0017	0.00053 ± 9.95E ⁻⁰⁵	0.00031 ± 5.34E ⁻⁰⁵	6.62 ± 0.69	0.212 ± 0.010	ND
Tezahuac	6.07 ± 0.040	0.0087 ± 0.0008	0.0005 ± 2.75E ⁻⁰⁵	0.00015 ± 3.81E ⁻⁰⁵	3.54 ± 0.029	0.688 ± 0.028	0.182 ± 0.027
Libramiento	6.09 ± 0.051	0.0087 ± 0.0041	0.00067 ± 0.00014	0.00032 ± 0.0001	3.79 ± 0.175	0.498 ± 0.0375	0.238 ± 0.0262
Altitud							
	<i>r</i> = -0.83; <i>p</i> < 0.0001	<i>r</i> = 0.69; <i>p</i> < 0.0001	<i>r</i> = 0.21; <i>p</i> = 0.11	<i>r</i> = 0.18; <i>p</i> = 0.16	<i>r</i> = -0.46; <i>p</i> = 0.0022	<i>r</i> = -0.48; <i>p</i> = 0.0009	<i>r</i> = 0.18; <i>p</i> = 0.16

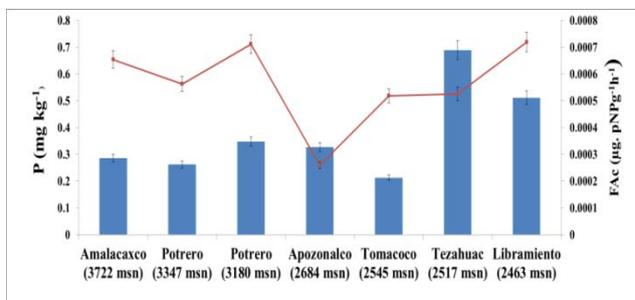


Fig. 2. pH NaF contra fósforo disponible

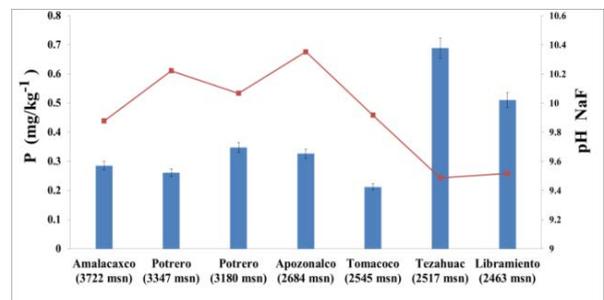


Fig. 3. S-disponible contra AAS (Actividad de la ariulfatasa)

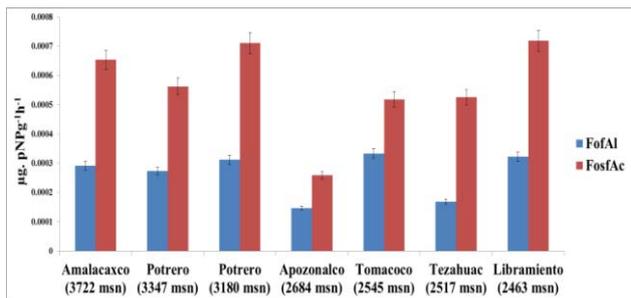


Fig. 5. FAL (Fosfatasa alcalina) contra FAc (Fosfatasa ácida)

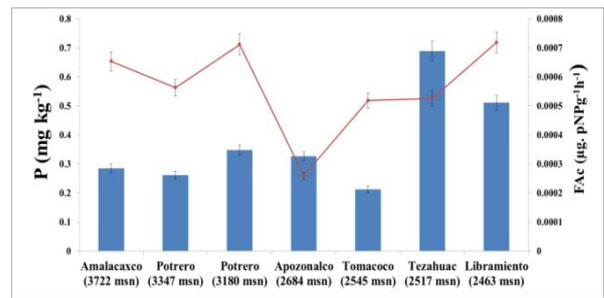


Fig. 4. P-disponible contra FAc (Fosfatasa ácida)

Un mayor pH en NaF implica una mayor liberación de hidroxiloslo cual se debe a la presencia minerales amorfos que influyen en mayor fijación de fósforo y por lo tanto menor disponibilidad (Figura 2)

En la Figura 3, se observa la relación entre S-disponible y AAS, donde el S-disponible disminuyó al aumentar la AAS y esto se debe a que la actividad de la enzima generalmente aumenta cuando hay bajas concentraciones de nutrientes en el suelo.

La relación entre la actividad de la fosfatasa ácida y alcalina se observa en la Figura 4 donde ambas enzimas tienen comportamientos similares y las mayores concentraciones pertenecen a las fosfatasas ácidas, debido a que la evaluación de pH mostró que los suelos son ácidos y en la figura 5 se muestra un comportamiento similar al de la figura 3, donde el P-disponible disminuyó al aumentar la actividad de la fosfatasa ácida.

Conclusiones

La AAS es importante fuente de sulfatos en sitios de mayor elevación (Amalacaxco) porque aumentó con altitud en comparación con lugares ubicados en regiones bajas.

Se confirma que una menor disponibilidad de azufre y fósforo en suelos incrementó la actividad de la enzima arilsulfatasas y fosfatasas al encontrar una relación inversa entre la actividad de esas enzimas con la disponibilidad de S y P.

Por el origen geológico de los suelos estudiados (material ígneo de origen volcánico), la actividad de la fosfatasa ácida del suelo fue mayor que la de las alcalinas; sin embargo ambas tuvieron un comportamiento similar.

En los sitios adyacentes a uso agrícola (Tezahuac) se observaron las mayores concentraciones de fósforo, debido a que hay un constante suministro de fertilizante.

La determinación de la AAS y Fosfatasa ácida-alcalina, es una herramienta útil para ser utilizada como indicador de calidad del suelo por su correlación significativa con S y P.

Literatura Citada

- Alef K. and Nannipieri, P. 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, London, pp. 576.
- Aon M.A., Colaneri A.C., 2001. II. Temporal and spatial evolution of enzymatic activities and physico-chemical properties in an agriculture soil. *Applied Soil Ecology*. 18: 255–270.
- Dick R. P. 1994. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. In: Doran, J.W. (Ed.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication 35, Madison, WI, pp. 107–124.
- Domínguez, R. I. y N. Aguilera H. 1982. *Metodología de análisis físicos y químicos de suelos*. UNAM. Facultad de Ciencias-Biología 34 p.
- Doran J. W., Jones, A. J., Arshad, M. A. and Gilley J.E. 1999. Determinants of Soil Quality and Health. En: Rattan Lat (Eds.). *Soil Quality and Soil Erosion*. CRC Press, Florida. 39- 57. *Agriculture Ecosystems Environment*. 88: 119-127.
- Jackson, M. L. 1964. *Análisis químico de suelos*. Traducción al español de J. Beltrán. Omega. Barcelona, España.
- Jackson, M. L., 1982, *Análisis químicos de suelos*, Ed., Omega 4a ed., Barcelona.
- Marschner H. 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press. Londres.
- Tabatabai M. A. 1994. Soil enzymes. In : Weavve R. W., J. S. Angle and P. S. Bottomley, d. Besdizek, S. Smith, A. Tabatabai, A. Wollum (ed). Pp 775-834. *Methods of soil analysis. Part 2. Microbial and Biochemical properties*. Soil Sci of Am. USA.
- Visser S. and Parkinson D. 1992. Soil biological criteria as indicators of soil quality: Soil micro-organisms. 7: 33-37.

TRATAMIENTOS PARA ELIMINACIÓN DE COLIFORMES FECALES DE AGUAS RESIDUALES: IMPACTO EN PLANTA Y SUELO

Peña Cervantes Edmundo¹, Khamkure Sasirot¹, López Cervantes Rubén¹, Zermeño González Alejandro²

¹Dpto. Ciencias del Suelo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. E-mail edmund049mx@yahoo.com.mx

²Dpto. Riego y Drenaje, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Resumen

La zona árida de México tiene un serio problema por la escasez de agua, por lo que es necesario rehusar el agua tratada, especialmente para riego agrícola. Principalmente al agua residual se le deben controlar los patógenos que pueden causar enfermedades a los humanos e impactar el medio ambiente. En este trabajo se usaron para riego agrícola, aguas tratadas de diferente manera con la finalidad de observar la residualidad de los coliformes fecales en suelo y planta. Para lo cual se colectó agua residual de una planta tratadora, con y sin cloración, la segunda se pasó por columnas de medios filtrantes: suelo, carbón y zeolita, posteriormente se regó con los cinco tipos de agua plantas de acelga durante dos meses, analizando coliformes fecales a la planta y el suelo. Los resultados encontrados muestran una buena eliminación de los coliformes del agua al pasar por los materiales filtrantes siendo la zeolita aún mejor que el método de cloración. La residualidad de los coliformes en la planta es abundante cuando se riega con agua residual no clorada, pero al regar con agua residual clorada y los efluentes de las columnas los resultados son semejantes y muy bajos, lo mismo sucede en suelo. Desafortunadamente la eliminación no es total por lo que el uso del agua residual en general no puede ser recomendado para riego en todos los cultivos.

Palabras clave: Medios filtrantes, zeolita, carbón.

Abstract

Water scarcity is a serious problem in the arid zone of Mexico, so it is entirely reuse treated water, especially for agricultural irrigation. Mainly, to residual water, you must control pathogens that can cause disease to humans and impact the environment. In this work were used for agricultural irrigation, different treated water in order to observe the residuality effect of fecal coliforms in soil and plant. A sample of domestic waste water was obtained from a wastewater treatment plant, with and without chlorination, unchlorinated water was introduced into columns of media infiltration: soil, carbon and zeolite, subsequently, with five types of water selected was applied to swish chard plants for two months, analyzing fecal coliforms at the plant and soil. The results show a good removal of coliforms in to the water pass through the filtering material being the zeolite better, even of chlorination method. Residuality of coliform in plant are abundant when it is irrigated with unchlorinated wastewater, but when is irrigated with chlorinated wastewater and the effluent of the columns the results are low and very similar, same thing happens in soil. Unfortunately the elimination is not total so that the use of the wastewater in general cannot be recommended for irrigation in all crops.

Key Words: Filtering media, zeolite, charcoal.

Introducción

De acuerdo a estudios de la UNESCO (2006), los recursos de agua natural en el mundo son insuficientes para el uso de la población, considerando el uso doméstico, industrial y agrícola. El sector agrícola es responsable del uso de grandes cantidades de agua de buena calidad y continuamente está en aumento. Actualmente se usa en este sector el 67%. Para uso industrial y doméstico el consumo de agua representa el 20 y 10% del total global respectivamente.

Por la crisis que se presenta, debido a la escasez de agua que está en aumento, la degradación de las fuentes de agua dulce y el aumento de la población, es necesario buscar alternativas que ayuden a resolver en parte estos problemas y una de ellas es la reutilización de las aguas residuales para propósitos agrícolas. México es un país que se enfrenta con el problema de la disponibilidad de agua

potable, conexión de drenaje y tratamiento de aguas residuales debido a la geografía, clima y aumento de la población. Saltillo es la capital del estado de Coahuila y se encuentra en la zona árida donde el problema del agua es muy grande. Es por esto que se debe considerar el uso del agua residuales para irrigación y de algún manera ayudar a resolver el problema de escasez de agua y el problema del medio ambiente (Escalante et al., 2003). Un ejemplo en el uso de este tipo de agua para irrigación es el que se realiza en las cercanías del D.F. para cultivos forrajeros y vegetales para consumo crudos. Los resultados por esta actividad muestra incrementos significativos en el rendimiento de estos cultivos, pero la cantidad de enfermedades en esta área también es alto (Bahri, 1999; Jiménez, 1999) algo muy importante en la implementación del uso de agua residual para agricultura es el riesgo a la salud, el daño al suelo y algún otro efecto sobre el medio ambiente. No solamente el cumplimiento en la normatividad es importante en el rehúso de las aguas residuales para irrigación agrícola, sino también la planificación y aplicación de los mejores tratamientos para reducir el problema de salud. Los microorganismos como los coliformes fecales presentes en el agua residual domestica tienen un efecto directo en este tipo de problema provocando enfermedades tales como la fiebre tifoidea, disentería, infecciones del oído, gastroenteritis y hepatitis A, entre otras. El límite máximo permisible de coliformes fecales de acuerdo a la NOM-001-ECOL/96 es de menos de 1,000 NMP/100 ml en agua residual para irrigación. Las aguas no tratadas y en ocasiones las tratadas sobrepasan fácilmente este valor.

Por lo comentado anteriormente este estudio está encaminado a evaluar el efecto del uso de aguas residuales que fueron tratadas con unas técnicas de remoción de coliformes fecales, sobre el impacto sanitario y la residualidad de estos microorganismos en planta y suelo.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en el área de invernaderos y el laboratorio de química de suelos del Departamento Ciencias del Suelo, del campus Saltillo de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Se trabajó con tres medios filtrantes para remoción de coliformes fecales: suelo recolectado en los terrenos de la universidad, zeolita natural grado comercial de la ciudad de Ramos Arizpe Coahuila y carbón de mezquite, todos los materiales filtrantes se secaron al medio ambiente se molieron y cribaron en una malla de 2 mm. Algunas de las características físicas y químicas importantes de los medios se analizaron con las metodologías descritas por Jackson (1976), los resultados se muestran en el cuadro 1, donde se puede observar que se trata de materiales con un pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino, el suelo rico en carbonatos, su conductividad eléctrica está dentro del rango no salino, y son pobres en materia orgánica. El tamaño de partícula predominante en los materiales es el considerado para las arenas.

Cuadro 1. Características físicas y químicas importantes de los medios filtrantes utilizados

Medios	M.O (%)	CO ₃ ⁻ (%)	pH				
				>0.02mm	>0.002 y <0.02 mm	< 0.002 mm	
Suelo	1.87	23.4	7.6	1.0	42	34	24
Zeolita	0.95	8.8	6.3	0.76	64	26	10
Carbón	-	-	8.0	3.00	84	16	-

Una vez caracterizados, se prepararon columnas con estos materiales siguiendo la metodología descrita por Khamkure et al., (2010) y Khamkure et al., (2011) y se introdujo en cada columna agua residual domestica tratada pero no clorada obtenida de la planta —C.I.C.F.O.R.— la cual está localizada al sur de Saltillo Coahuila. Algunas características del agua residual no clorada, agua residual clorada y el agua residual sin cloro pasada a través de los medios filtrantes se muestran en el cuadro 2. Los análisis del agua se realizaron siguiendo las metodologías de las normas mexicanas. Se sembró acelga como planta testigo

Cuadro2. Características físicas y químicas importantes de las aguas utilizadas

	pH	CE (dS m ⁻¹)	ST (mgL ⁻¹)	SST (mgL ⁻¹)	Coliformes Fecales NMP/100ml
Agua residual sin cloro	7.6	893	709	12.5	100,500
Agua residual clorada	7.7	1036	841	8.7	270
Agua residual sin cloro filtración en suelo	8.2	911	8	10	1150
Agua residual sin cloro filtración en zeolita	7.5	816	622	7.5	105
Agua residual sin cloro filtración en carbón	8.1	979	751	9.2	1360

En macetas con cinco kilogramos de un calcisol recolectado en los terrenos de la universidad, las cuales se regaron durante dos meses con los efluentes obtenidos de cada columna, así como con las aguas control y se realizaron cortes de planta cada mes. El trabajo se estableció de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, dando un total de cinco tratamientos y cuatro repeticiones. A la planta obtenida y al suelo se les realizó análisis de coliformes fecales por el método del Numero Más Probable, (NMX-AA-042 1987).

Resultados y Discusión

En el cuadro 2 se observa que la cloración como era de esperarse tiene un buen efecto sobre la eliminación de los microorganismos y solamente la zeolita tiene un efecto comparativo al procedimiento químico, en el caso del suelo y carbón la remoción es muy semejante entre ellos y el contenido de coliformes en el efluente obtenido está muy ligeramente sobre el límite máximo permisible autorizado por la NOM-001-ECOL-1996, el cual es de 1000 NMP/100ml, para riego agrícola, sin embargo se utilizaron por las características de retención y lo económico de los materiales.

Cuadro3. Coliformes fecales en planta y suelo

	Coliformes Fecales en planta NMP g ⁻¹	Coliformes Fecales en suelo NMP g ⁻¹
Agua residual sin cloro	111	4.8
Agua residual clorada	2.7	1.9
Agua residual sin cloro filtración en suelo	2.5	11.8
Agua residual sin cloro filtración en zeolita	5.4	1.6
Agua residual sin cloro filtración en carbón	2.4	149.2

Para el caso de los coliformes fecales en planta, cuadro 3, estos aunque en cantidades muy pequeñas lograron sobrevivir y fueron detectados, como era de esperarse, en el tratamiento con agua residual sin cloración se detectaron una gran cantidad de coliformes, estos se mantienen en la planta que está en contacto con este tipo de agua y no deja la posibilidad de uso en riego agrícola, para el caso del suelo y carbón las cantidades encontradas son muy semejantes al tratamiento químico con cloro y la zeolita es un poco más elevada. La residualidad de los microorganismos en el suelo se observa que es mayor en el agua filtrada con carbón, seguida por la de suelo y el agua sin cloro, clorada y filtrada en zeolita dan los valores más bajos de coliformes. Dado que este trabajo se realizó en invernadero, con el mismo suelo y planta y en las mismas condiciones, las únicas diferencias provienen del tipo de agua y la cantidad de coliformes en ellas, la residualidad solo la podemos atribuir a la capacidad de los microorganismos para sobrevivir en las plantas y el suelo. Por otro lado los datos obtenidos nos dan una idea de una posible recomendación de algún material filtrante como los utilizados, en lugar del tratamiento de cloración en las plantas tratadoras ya que así se obtiene un agua tratada con bajos contenidos de coliformes y estas pueden ser utilizadas en riego agrícola con la salvedad de que no pueden ser recomendadas para todos los cultivos.

Conclusiones

El uso de materiales filtrantes se perfila como una técnica de tratamiento de aguas residuales muy prometedora ya que son fáciles de obtener y de bajo costo, esto evitaría el uso de productos químicos que dañan el medio ambiente, sin embargo queda todavía por afinar este tipo de trabajos para poder estar en posibilidad de recomendar sin reservas estos tratamientos de "purificación" de agua para que esta pueda ser utilizada en riego agrícola y con el seguimiento adecuado en los diferentes tipos de cultivo.

Literatura Citada

- Bahri, A. 1999. Agricultural reuse of wastewater and global water management. *Water Sci. Technol.*, IWA, 40,339-346.
- Escalante E. V., V. L. Cardoso, C. E. Ramírez, Ch. G. Moeller, M. G. Mantilla, C. J. Montecillos, J. C. Servin, L. F. Villavicencio. 2003. El reúso del agua residual tratada en México. Seminario internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales. Pp. 230-236.
- Jackson, M. L. 1976. Análisis químico de suelos. 3^{era} Edn. Omega, Barcelona. 662p.
- Jiménez, B., Chávez, A., Hernández, C. 1999. Alternative treatment for wastewater destined for agricultural use. *Water Sci. Technol.* 40: 355 – 362.
- Khamkure, S., Peña Cervantes, E., Gamero Melo, P., López Cervantes, R., Zermeño González, A., Mireles, M. S. 2010. Fecal Coliform removal by intermittent media infiltration for reclamation of municipal wastewater in agricultural irrigation. Aviles-Marin, S. M. y Fortis-Hernández, M. (Eds.) Libro de resúmenes en extenso. XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas, Mexicali, Baja California, México. 25 al 29 de Octubre de 2010. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Montecillo, México. 1220pp. ISBN: 978-607-00-3557-9.
- Khamkure, S., Treesatayapun, C., Peña Cervantes, E., Gamero Melo, P., Zermeño González, A. 2011. Intermittent media infiltration of municipal wastewater treatment and prediction based on FREN for fecal coliform removal. Beighley II, R. E. and Killgore, M. W. (Eds.) World Environmental and Water Resources Congress 2011. Bearing Knowledge for Sustainability. ASCE 2011. 22-26 Mayo 2011. Palm Springs, California. 4875pp. ISBN 978-0-7844-1173-5.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). 2006. Water a shared responsibility the United Nations world water development report 2. Barcelona. Pp: 2-3, 173.

DINÁMICA DEL CARBONO ORGÁNICO EN VERTISOLES SOMETIDOS A LABRANZA DE CONSERVACIÓN

Báez Pérez Aurelio¹ y Huerta Martínez Elsa¹

INIFAP, Campo Experimental Bajío. Carretera Celaya- San Miguel Allende km 7.5, Celaya, Guanajuato¹. E-mail: baez.aurelio@inifap.gob.mx

Resumen

Los suelos vertisoles del Bajío presentan un grave deterioro físico-químico, provocado por las prácticas intensivas de labranza. Las reservas de C orgánico (COS) indicador de su fertilidad, han disminuido drásticamente. Lo anterior repercute en la rentabilidad para la producción de granos básicos por la utilización excesiva de insumos agrícolas. Las prácticas de labranza de conservación, que se fundamentan en la constante incorporación de residuos de cosecha y la mínima remoción del suelo, son una opción viable para revertir dicha problemática. Se evaluó la acumulación de COS y la emisión de CO₂ en cuatro suelos Vertisoles sometidos a labranza de conservación durante 4 a 6 ciclos agrícolas en el valle Morelia Queréndaro. Se monitoreó la humedad volumétrica y las emisiones de CO₂ mediante un equipo PP-System EGM4. Se recolectaron muestras de suelo de 0-5, 5-15 y 15-30 cm de profundidad. La MO aumentó de manera global 0.6 a 2.8%. El COS se incrementó en los primeros 30 cm de profundidad de 1.4 a 4.3 t ha⁻¹. Las emisiones de CO₂ estuvieron en función de la humedad (H). Ésta última fue de alrededor de 0.4 g m⁻² hr⁻¹ con 10% de H y más de 1.6 g m⁻² hr⁻¹ con alrededor de 50% de H. En México la superficie ocupada por suelos Vertisoles es de 9.5 millones de hectáreas, de las cuales 56% son cultivadas. El potencial de captura de carbono que tiene este tipo de suelos contribuiría a la mitigación del cambio climático global.

Palabras clave: Captura de carbono, agricultura de conservación, cereales.

Abstract

Bajío Vertisols have a serious physical and chemical deterioration, caused by intensive farming practices. Organic C stocks (SOC), an indicator of fertility have declined dramatically. This affects the production of basic grains, by the excessive use of agricultural inputs. The conservation tillage practices, which are based on the constant incorporation of crop residues and minimal soil disturbance, are a viable option to reverse this problem. We evaluated the accumulation of SOC and CO₂ emissions in four Vertisols under conservation tillage for 4 to 6 cycles in agricultural valley Queréndaro Morelia. We monitored volumetric moisture and CO₂ emissions with an EGM4 PP-System. Soil samples were collected 0-5, 5-15 and 15-30 cm deep. The organic matter increased globally from 0.6 to 2.8%. SOC increased in the first 30 cm depth from 1.4 to 4.3 t ha⁻¹. CO₂ emissions were based on moisture (M). The latter was about 0.4 g m⁻² hr⁻¹ with 10% M and more than 1.6 g m⁻² hr⁻¹ with about 50% of M. In Mexico, the area occupied by vertisols is 9.5 million hectares, of which 56% are cultivated. Carbon sequestration potential in these soils contributes to the mitigation of global climate change.

Key Words: carbon sequestration, Conservation agriculture and No.till

Introducción

El deterioro de los suelos en el valle Morelia-Queréndaro ha sido provocado principalmente por los sistemas intensivos de producción agrícola, la quema de los residuos de cosecha y el continuo establecimiento cereales como: maíz o sorgo durante primavera-verano y trigo durante otoño-invierno. (Grajeda-Cabrera *et al.*, 2000). La SEMARNAT (2002) estima que más de la mitad del Estado presenta algún grado de degradación en sus suelos. La disminución de las reservas orgánicas en el suelo es consecuencia su sobreexplotación y mal manejo (Lal, 2004). La labranza de conservación surge en las últimas décadas como una alternativa viable para revertir la problemática antes mencionada. Este sistema de siembra se fundamenta en la continua incorporación de residuos de cosecha en la superficie del suelo y en la mínima remoción del suelo, por lo cual debe incrementar las reservas orgánicas del suelo a mediano plazo. En las más importantes se encuentra el carbono de COS, el cual incide directamente en la fertilidad del mismo (FAO, 2002). El suelo es un componente principal del ciclo de carbono (C); es un emisor de CO₂ a la atmósfera, el gas de efecto invernadero que contribuye mayormente al cambio climático global, pero al mismo tiempo constituye uno de los

principales reservorios de C en el mundo (Batjes, 1996). Las reserva de C en los suelos es 3.3 veces mayor que la reserva atmosférica y 4.5 veces mayor que el que está contenido en los seres vivos. Sin embargo, el cambio de uso de suelo y la explotación intensiva de la agricultura han ocasionado un severo deterioro de los suelos. El sistema de labranza de conservación en el Bajío ha sido adoptado a medias, por algunos agricultores, como una opción tecnológica viable para reducir costos de producción de los cultivos, sobre todo en el ciclo de Primavera-Verano (Arreola-Tostado, 2006; Mora *et al.*, 1999). El objetivo de este trabajo fue estudiar la dinámica del COS en suelos vertisoles, mediante la evaluación del efecto de la labranza de conservación en la acumulación de COS y emisión de CO₂ en suelos del valle Morelia-Queréndaro. En México la superficie ocupada por vertisoles es de 9.5 millones de hectáreas, de las cuales 56% son cultivadas (Ortíz, 1997).

Materiales y Métodos

El valle Morelia-Queréndaro se localiza en la porción noreste del estado de Michoacán y queda comprendido dentro de la cuenca del Lago de Cuitzeo. Es la segunda zona productora de granos más importante del estado de Michoacán; sin embargo 40% de las tierras están desertificadas a causa de la erosión y debido a la cercanía del Lago de Cuitzeo la estructura del suelo tiene un alto contenido de sales. La región corresponde aproximadamente a la porción meridional de la Cuenca de Cuitzeo. Se sitúa aproximadamente entre los paralelos 19°50' y 19°30' de latitud N y los meridianos 101°00' y 101°30' de longitud O. Tiene una superficie aproximada de 1,050 km² y ocupa un área importante del Distrito de Riego Morelia-Queréndaro (Chávez, 2003). Se evaluó la acumulación de carbono orgánico del suelo (COS) en cuatro Vertisoles de valle Morelia-Queréndaro de 0-5, 5-15 y 15- 30 cm de profundidad. Después de dos a tres años continuos de cultivo (cuatro a seis ciclos agrícolas continuos) con incorporación del 30 a 100% de los residuos de cosecha (Cuadro 1). Se consideraron como referencia parcelas con manejo tradicional, con labores de labranza y retiro de los residuos de cosecha, que se encontraban a un lado de las parcelas en estudio, correspondientes al mismo tipo de suelo. Se recolectaron muestras compuestas por 22 submuestras en cada parcela y se determinó en laboratorio la textura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, COS y la capacidad de intercambio catiónico.

Cuadro 1. Manejo agronómico bajo labranza de conservación en cuatro localidades del valle Queréndaro-Morelia.

Sitio	Localidad	Labranza de Conservación	Cultivo	Incorporación de residuos (%)	Condición
1	Indaparapeo	P-V 2008	Maíz	100	Punta de riego
		O-I 2008	-	-	Descanso
		P-V 2009	Sorgo	100	Riego de auxilio
		O-I 2009	Cártamo	100	Riego
2	Álvaro Obregón	P-V 2010	Maíz	100	Riego de auxilio
		PV-2008	Maíz	100	Riego de auxilio
		O-I2008	Frijol	100	Riego
		PV-2009	Maíz	100	Riego de auxilio
3	Queréndaro1	O-I-2009	Garbanzo	100	Riego
		P-V-2010	Maíz	-	Riego de auxilio
		PV-2007	Maíz	30	Riego de auxilio
		OI-2007	Trigo	30	Riego
		P-V2008	Maíz	30	Riego de auxilio
		O-I2008	Trigo	30	Riego
4	Querendaro 2	P-V2009	Maíz	30	Riego de auxilio
		O-I2009	Trigo	30	Riego
		PV-2010	Maíz	-	Riego de auxilio
		P-V 2008	Maíz	100	Riego de auxilio
		O-I 2008	Trigo	100	Riego
		P-V 2009	Maíz	100	Riego de auxilio
		O-I 2009	Trigo	100	Riego
		P-V 2010	Maíz	-	Riego de auxilio

Se evaluó el ingreso de los esquilmos agrícolas. Se monitoreó semanalmente, la humedad del suelo mediante el método gravimétrico, y al mismo tiempo se midió la emisión de CO₂, mediante un equipo EGM4 PPSsystems. Estas mediciones se efectuaron entre las 10:00 a.m. y 12:00 p.m.

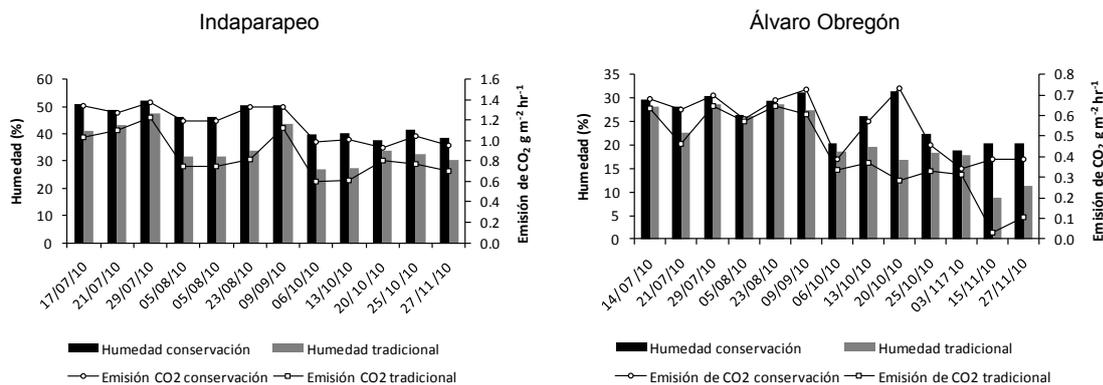
Resultados y Discusión

Se manera global, las reservas de COS en los suelos Vertisoles, cultivados bajo el sistema de labranza de conservación (LC), de 0 a 30 cm de profundidad, aumentaron de 3 a 13 t ha⁻¹ respecto a los suelos Vertisoles donde solamente se practicó la labranza tradicional (LT) (Cuadro 2). La localidad identificada como Queréndaro 1, con solamente 30% en la incorporación de residuos de cosecha, mostró una acumulación de COS significativamente menor a lo encontrado en las otras localidades, donde se incorporó el 100% de los residuos de cosecha. La tasa promedio de acumulación para la parcela con menor y mayor contenido de COS fueron de alrededor de 1.0 y 6.5 t ha⁻¹ año⁻¹, (Indaparapeo) respectivamente. Ésta última en otoño-invierno 2008-2009 estuvo en descanso, es decir no se sembró.

Cuadro 2. Resultados de análisis físico-químico de suelos en cuatro localidades del valle Morelia-Queréndaro.

Localidad	Manejo	Prof.	pH 1:2 H ₂ O	CE 1:5 H ₂ O dS m ⁻¹	M.O. W B %	COS %	COS t ha ⁻¹	CIC C ₍₊₎ moles kg ⁻¹	arena	Textura limo %	arcilla	Textura
Indaparapeo	Tr	0-5	7.51	0.17	3.4	2.01	10.1	-	26	22	52	Arcilla
	"	5-15	7.13	0.33	3.4	2.10	21.0	40.1	24	22	54	"
	"	15-30	7.09	0.32	3.6	2.05	30.8	-	24	22	54	"
	Co	0-5	8.18	0.19	4.2	2.67	13.3	-	26	22	52	"
	"	5-15	8.27	0.21	4.2	2.67	26.7	36.2	26	22	52	"
	"	15-30	8.28	0.25	3.6	2.32	34.8	-	28	20	52	"
Álvaro Obregón	Tr	0-5	7.66	0.41	3.2	2.05	13.3	-	24	26	50	"
	"	5-15	7.12	0.63	3.2	2.16	21.6	41.0	26	22	52	"
	"	15-30	7.63	0.24	3.6	2.13	30.1	-	26	24	50	"
	Co	0-5	6.91	0.48	4.2	2.94	14.7	-	28	26	46	"
	"	5-15	7.35	0.31	4.1	2.51	25.1	35.4	22	28	50	"
	"	15-30	7.82	0.32	3.1	2.01	32.0	-	24	26	50	"
Queréndaro 1	Tr	0-5	7.29	0.80	4.1	2.30	11.5	-	28	30	42	"
	"	5-15	7.33	0.08	3.5	2.25	22.5	24.1	28	28	44	"
	"	15-30	7.69	0.08	3.2	2.20	31.4	-	24	30	46	"
	Co	0-5	6.95	0.07	4.5	2.35	11.8	-	-	-	-	"
	"	5-15	7.77	0.08	3.3	2.38	23.8	41.4	29	26	45	"
	"	15-30	7.95	0.08	4.0	2.09	33.0	-	-	-	-	"
Queréndaro 2	Tr	0-5	5.69	0.06	3.4	2.27	11.3	-	46	24	30	FA
	"	5-15	6.55	0.07	3.2	2.26	22.6	18.5	46	24	30	"
	"	15-30	6.51	0.07	3.2	2.33	34.4	-	46	26	28	"
	Co	0-5	6.49	0.07	4.8	2.85	14.2	-	-	-	-	"
	"	5-15	6.67	0.07	3.4	2.43	24.3	24.9	40	26	34	"
	"	15-30	6.64	0.07	3.4	2.29	35.0	-	-*	-	-	"

Co: conservación, FA: franco arenoso, Tr: tradicional



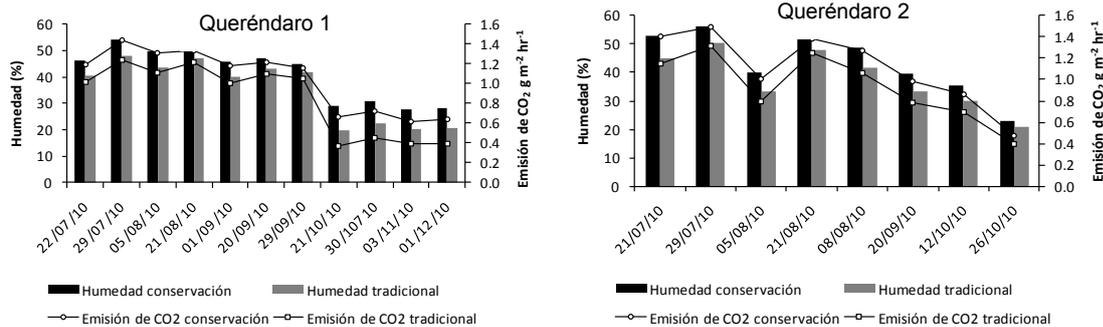


Figura 1. Humedad del suelo y emisión de CO₂ en cuatro suelos Vertisoles del valle Morelia-Queréndaro. Ciclo primavera-verano 2010.

La tasa de emisión de CO₂ (TEC) fluctuó en función de la humedad del suelo (Figura 2). Los suelos sometidos a LC retuvieron mayor humedad y emitieron mayor cantidad del este gas de efecto invernadero respecto a los sistemas que se cultivaron de manera tradicional (retiro de los residuos de cosecha, barbecho, rastra, surcado). La tendencia general evidenció que la TEC aumentó a medida que la concentración de COS era mayor. Los sistemas cultivados bajo LC, con contante incorporación de los residuos cosecha, mostraron mayor potencial de mineralización, también, lo cual se refleja claramente en la TEC, que fluctuó a lo largo del ciclo de cultivo en función de la humedad volumétrica, parámetro determinado por la distribución de las lluvias. La TEC en los sistemas de LC fue del orden de 0.4 g m⁻² hr⁻¹ cuando el suelo contenía 10% de humedad y más de 1.6 g m⁻² hr⁻¹ con el saturado con alrededor de 50% de humedad. Mientras tanto en los sistemas de LT la fluctuación fue 0.1 a menos de 1 m⁻² hr⁻¹. La acumulación de COS en los suelos evaluados estuvo función de los ingresos de COS al sistema. En LC con 100% de residuos se incorporaron alrededor de 10 t ha⁻¹ de esquilmos agrícolas, mientras que el tratamiento con 30% de residuos se incorporaron cerca de 4 t ha⁻¹. En LT los residuos orgánicos incorporados no llegaron a 1 t ha⁻¹. El grado de desecación edáfica que experimentan estos suelos durante la época seca restringe la respiración al mínimo. La oxidación del C orgánico, tanto en el sistema de LC cómo en el de LT es constante y para lograr un incremento importante en el suelo se requiere que el ingreso de C al suelo sea mayor que las pérdidas (Lal, 2004) ocasionadas por la mineralización de la materia orgánica, por el escurrimiento y lixiviación. Sin duda, el retiro de los residuos de cosecha limita la acumulación de COS en los suelos con LT. En LC, aunque existe un ingreso constante de COS, la TEC también es mayor, por lo cual la acumulación de COS es limitada al alcanzar un equilibrio o saturación de matriz mineral del suelo (Matus y Maire, 2000; Matus *et al.*, 2008). Lograr que la tasa de acumulación de COS sea mayor que la tasa de pérdida del mismo requiere de otras estrategias adicionales además de la incorporación de residuos orgánicos. El empleo de cultivos de amplia cobertura vegetal y la rotación de cultivos podrían constituir alternativas adicionales para disminuir las pérdidas de COS por efecto de la mineralización y erosión.

Conclusiones

El sistema de labranza de conservación, después de 4 o 6 ciclos de cultivo, contribuyó a aumentar las reservas de COS en los suelos Vertisoles y a mejorar las características físicas, químicas y biológicas de mismos. Su acumulación es función del manejo de los residuos de cosecha, y la acumulación de COS varió de 1 a 4.3 t ha⁻¹ año⁻¹. Las emisiones de CO₂ estuvieron en función de la humedad (H). Ésta última fue de alrededor de 0.4 g m⁻² hr⁻¹ con 10% de H y más de 1.6 g m⁻² hr⁻¹ con alrededor de 50% de H. En México la superficie ocupada por suelos Vertisoles es de 9.5 millones de hectáreas, de las cuales 56% son cultivadas. El potencial de captura de carbono que tiene este tipo de suelos contribuiría a la mitigación del cambio climático global.

Literatura Citada

Arreola-Tostado, J.M., Hernández-Martínez, M., García-Silva, R., Pons-Hernández J.L. y L.E. Fregoso-Tirado. 2006. Labranza de conservación: alternativa tecnológica para darle

- sostenibilidad al sistema de producción de granos de Guanajuato. Ide@s CONCYTEG 15. http://octi.guanajuato.gob.mx/octigto/index.php?option=com_wrapper&Itemid=3. Gto., Gto.
- Chávez, M. A. 2003. Flora arvense asociada al cultivo de maíz de temporal en el valle de Morelia, Michoacán, México. In: Flora del Bajío y regiones adyacentes. Tesis de licenciatura de Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán.
- Batjes, N. H. 1996. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science* 47: 151-163.
- Grageda-Cabrera, O. A., F. Esparza-García, F. Zapata and J. J. Peña-Cabriales. 2000. Influence of sorghum crop residue management on the recovery of ¹⁵N labelled fertilizer by wheat in Mexico. *Journal of Sustainable Agricultural* 16:75-91.
- FAO. 2002. Agricultura de conservación, estudios de caso en América Latina y África. Boletín de suelos de la FAO número 78. Roma, Italia. pp. 4-50.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science* 304:1624-1627.
- Matus, F. J. y C. R. Maire. 2000. Relación entre la materia orgánica y textura del suelo y tasa de mineralización de carbono y nitrógeno. *Agricultura técnica de Chile* 60:112-126.
- Matus, F., C. Lusk and C.R. Maire, 2008. Effects of soil texture, C input rates and litter quality on free organic matter and N mineralization in Chilean rain forest and agricultural soils. *Communications in Soil Science and Plant and Soil Analysis* 39:187-2001.
- Mora-Gutiérrez, M. V. Ordaz, J.Z. Castellanos, A. Aguilar-Satelises, F. Gavi y V. Volke. 1999. Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un Vertisol, después de cuatro años de manejo. *Terra* 19: 67-74.
- Ortiz S., C. A. 1997. Estudio de suelos a nivel nacional. Carta Edafológica escala 1:1' 000, 000. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 82 p.
- SEMARNAT. 2002. Memoria nacional de evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana escala 1:250 000. Colegio de Posgraduados. Montecillo, Texcoco, México, pp: 26-34.

COMPARACION ENTRE PILAS DE SOLARIZACION Y SU IMPACTO EN EL CONTROL DE PROTOZOOARIOS PATÓGENOS

Hermosillo Salazar Luis Javier¹, Luna Anguiano Jesús², Salazar Meléndez Enrique², Salazar Sosa Enrique^{2y3}, Trejo Escareño Héctor Idilio², Camacho Arciniega Zair Axel⁴.

Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro¹. Unidad Laguna, Alumno del Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales FAZ², Universidad Juárez del Estado de Durango, División de Estudios de Posgrado FAZ³, Instituto Tecnológico de Torreón, División de Estudios de Posgrado e investigación⁴ y Alumno de la licenciatura de la FAZ⁴ E mail: maestrillo14@hotmail.com

Resumen

La producción de estiércol a nivel nacional del ganado estabulado y semiestabulado es de 61 millones de toneladas (INEGI 1997), la mayor parte aportada por la Comarca Lagunera, el valle de Juárez y otras zonas del norte y noreste de Chihuahua (Trinidad 2007) como principales cuencas lecheras del país, investigaciones recientes han demostrado que existe una relación directa entre enfermedades gastrointestinales y el uso del estiércol sin tratamiento, el cual transporta agentes patógenos al ambiente como son *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*, que pueden provocar enfermedades en humanos y animales siendo más susceptibles los niños y becerros. El estudio se desarrolló en 2009-2010 en el "Ejido Fresno del Norte" y en el laboratorio de microbiología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Se establecieron pilas para solarizar el estiércol, los factores de estudio fueron; 1.- Tipo de pila de solarización y 2.- % Humedad. La distribución de los tratamientos en el campo se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques al azar con nueve tratamientos y cuatro repeticiones. El objetivo del estudio fue evaluar la solarización como un método eficaz para incrementar la temperatura e inactivar los patógenos (*Cryptosporidium* y *Giardia*). Los resultados muestran una $p < 0.001$ en la identificación de *cryptosporidium* y *Giardia lamblia* resultando negativos en los tratamientos y las dos profundidades, excepto en el testigo. En temperatura se encontró la más alta en el mes de julio y el porcentaje de humedad que favoreció más a la solarización fue la de 50 % de humedad.

Palabras Clave: *Cryptosporidium*, Patógeno y Estiércol

Abstract

The production of manure at the feedlot and national semiestabulado is 61 million tonnes (INEGI 1997), most provided by the Comarca Lagunera, el Valle de Juárez and other parts of northern and northeastern Chihuahua (Trinidad 2007), as main dairy regions of the country, recent research has shown a direct relationship between gastrointestinal illness and the use of untreated manure, which carries pathogens into the environment such as *Cryptosporidium parvum* and *Giardia lamblia*, which can cause disease in humans and animals being more susceptible children and calves. The study was developed in 2009-2010 in the "Ejido Fresno del Norte" and the microbiology laboratory of the Autonomous University of Ciudad Juarez. Solarized piles were established for manure, study factors were: 1. - Piles Type solarización and 2.-% moisture. The distribution of treatments in the field was conducted using a randomized block design with nine treatments and four repetitions. The study aimed to evaluate solarización as an effective method to increase the temperature and inactivate pathogens (*Cryptosporidium* and *Giardia*). The results show a $p < 0.001$ on the identification of *Cryptosporidium* and *Giardia lamblia* negative in the two treatments and depths, except the witness. At temperatures were the highest in July and the percent of moisture favored over the solarización was and 50% moisture.

Key Words: *Cryptosporidium*, Patógeno and Manure

Introducción

A nivel nacional, el inventario ganadero del 2002 indica que existían casi 30 millones de cabezas de bovino para carne y poco más de dos millones de cabezas de bovino lechero. En la Comarca Lagunera tan solo el ganado bovino lechero genera alrededor de 2.6 millones de Kg de estiércol (Materia Seca) por día (Figuroa, 2007). En la Región lagunera una práctica muy común, es la aplicación de estiércol al

suelo, previo a la siembra de cultivos forrajeros, entre otros con la finalidad de mejorar su estructura física y químicas como son la capacidad de retención de humedad e incrementar su nivel de fertilidad (Cueto y Quiroga, 2003). Pero sin ningún tratamiento activo el cual al ser incorporado a los suelos puede generar contaminación del ambiente por microorganismos patógenos de alta peligrosidad tanto para humanos como para los animales como son (patógenos, hongos, bacterias, nematodos y protozoarios). Hoy en día la agricultura se ha convertido en otro factor de contaminación por enteropatógenos, uno de las principales fuentes son las excretas del ganado (Barwick, 2003; Kuczynska, 2005). Experimentos realizados en becerros, indican que estos llegan a excretar hasta 10 millones de oquistes de *Cryptosporidium parvum* durante un periodo de 7 a 10 días, estos pueden llegar a tener contacto con ríos, arroyos, o cualquier fuente de aguas. (Fayer, 2004; Meihardt, *et al.*, 1996). Se considera que existe una relación directa entre enfermedades gastrointestinales y el uso del estiércol sin tratamientos, el cual transporta los agentes infecciosos. Los protozoarios patógenos *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* han demostrado su peligrosidad e impacto negativo en la salud de miles de personas tanto en naciones industrializadas como en los países en desarrollo (Cifuentes, *et al.*; 2004; Solarte, *et al.*; 2006).

La frecuencia mundial de las distintas parasitosis intestinales es alta, en zonas geográficas donde las condiciones ecológicas favorecen la presencia de los parásitos, además de las características socioeconómicas poblacionales, como la pobreza, la ignorancia y la deficiente infraestructura; factores que comparten los países en vías de desarrollo (Sánchez, *et al.*; 2000; Thompson, 2004). En el caso de los suelos agrícolas, en las últimas tres décadas, se ha utilizado con éxito para su desinfección el calentamiento a través de la cubierta con plástico que tiene la capacidad de captar la radiación solar e incrementar considerablemente la temperatura del suelo. Este método es conocido mundialmente como solarización y es una técnica que se utiliza con éxito para eliminar: patógenos (hongos, bacterias, nematodos y protozoarios) y cualquier tipo de maleza (Cebolla V; 2003). La contaminación microbiológica deriva de la utilización de fertilizantes naturales y las medidas necesarias para abordarlas deben de orientarse tanto a la agricultura orgánica como a la convencional (FAO, 2000). Los tratamientos activos son aquellos en los que las pilas de estiércol son tratadas en condiciones que aceleran el proceso de transformación de los desechos en abono. La presencia de *Escherichia. Coli* y *Salmonella spp* suele ser utilizada como indicador, puesto que si están presentes en el abono, el fertilizante orgánico no deberá ser añadido al suelo y será necesario proceder a tratamientos adicionales del fertilizante orgánico. Basados en este contexto el objetivo del presente estudio fue evaluar la solarización como un método eficaz para incrementar la temperatura de pilas de estiércol para que logre la Inactivación de microorganismos, logrando la seguridad de aplicar al suelo este residuo orgánico libre de microorganismos patógenos (*Cryptosporidium* y *Giardia*).

Materiales y Métodos

Ubicación del área del estudio. Este estudio se desarrollo en el 2009-2010 en el "Ejido Fresno del Norte", ubicado en el Km. 37.5 Carretera Torreón San Pedro, Municipio de Francisco I. Madero, Coahuila-México y en el laboratorio de microbiología de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, el cual consto de dos etapas una para determinar salmonella y *Escherichia coli* como únicamente como indicador y la otra para identificar la presencia de *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*:

Experimento de Solarización en Campo. Se establecieron nueve tratamientos para solarizar el estiércol bovino, utilizando un acolchado plástico transparente de alta transmisibilidad de luz solar para elevar las temperaturas en el mismo (Misle y Norero 2001; Juárez *et al.*, 1991; Scaracia *et al.*, 1994., Stapleton, 1986) y con la finalidad de corroborar cual de los tratamientos fue el que permitió elevar mejor la temperatura y eliminó microorganismos presentes (*Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia*). Se utilizaron do factores; tipo de pila de solarización (superficial, enterrado 25 cm y enterrado 50 cm) y humedad en la misma para definir tratamientos (fresco, 25 % de humedad y 50 % de humedad). La distribución de los tratamientos en el campo se llevó a cabo utilizando un diseño de bloques al azar. Se establecieron 9 tratamientos con cuatro repeticiones, siendo un total de 36 pilas experimentales.

Método de solarización. Para aumentar la temperatura en las pilas de estiércol se utilizó el método de solarización el cual consiste en someter los tratamientos a temperaturas extremas, mediante el uso de cubiertas plásticas y los rayos del sol (UMFDA, 2002). El estiércol fue donado por los establos Ejido

Fresno del Norte y fue sometido al proceso apilado en montículos o pilas con dimensiones de 2 metros de largo por 1.5 m de ancho y 1.0 m de alto. Las pilas fueron cubiertas con plástico fabricado por la empresa Plastoza, S.A del Estado de México, cuya característica es: plástico tipo PLANAT 180 x 1000 / 100 de 1.80 m ancho, 1000 m de largo, 100 micras de grosor, transporte y no tiene albedo.

Muestras de temperaturas. Se muestrearon las temperaturas en los diferentes tratamientos de las pilas de estiércol. Las temperaturas fueron registradas por medio de termómetros analógicos a dos profundidades de exploración (0-7.5 cm y 7.5-15 cm); en los meses de mayo, junio para primavera y julio, agosto, septiembre y octubre en verano-otoño. Se utilizó el paquete SAS (SAS Institute 2010) con una probabilidad de $p > F$ de 0.05 y una comparación de medias mediante la diferencia mínima significativa para el análisis estadístico para las temperaturas, humedad y carga microbiana.

Muestras de estiércol. Se realizó una toma de muestras de estiércol solarizado (tratamientos) y no solarizado (testigo) de acuerdo a la NOM-004-SEMARNAT-2002. Para el estiércol solarizado la toma de muestras fue al final del periodo de la solarización, en la cuarta unidad experimental, se tomaron muestras de estiércol solarizado, en cada estrato o profundidad de exploración de las pilas (0-7.5cm y 7.5-15 cm); para determinar *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* presentes mediante el análisis microbiológico de estiércol. Se decidió tomar únicamente la cuarta unidad experimental para realizar análisis microbiológico, debido a que el análisis estadístico realizado a las unidades experimentales, mostro no tener diferencias significativas con $Pr < F = 0.822$ ns, con respecto a las temperaturas registradas en las repeticiones de los diferentes tratamientos. Para el estiércol no solarizado (testigo), se realizó una mezcla homogénea de los distintos establos del Ejido Fresno del Norte, inmediatamente se tomo una muestra del estiércol recogiendo el estiércol en bolsas de plástico tipo ziploc, identificando la muestra con un marcador en la parte exterior de la bolsa, para ser trasladadas al laboratorio de ciencias biológicas de la UACJ para su inmediata siembra en el medio de cultivo correspondiente.

Análisis de Laboratorio. El trabajo de laboratorio para determinar *Cryptosporidium parvum* y *Giardia lamblia* se realizó en el la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), En el laboratorio de microbiología del Instituto de Ciencias Biológicas utilizando el método de sedimentación para el diagnostico de *Cryptosporidium* y *Giardia*.

Resultados y Discusión

Análisis de *Cryptosporidium* y *Giardia lamblia*. Los resultados obtenidos de la identificación de *cryptosporidium* y *Giardia lamblia* realizados en la UACJ resultaron negativos (Cuadro 1), en los nueve tratamientos, y en las dos profundidades muestreadas, no resultando así para la muestra testigo (Estiércol sin solarizar) donde se pudo apreciar gran cantidad de quistes tanto de *cryptosporidium parvum* como de *Giardia lamblia*.

Cuadro 1. Microorganismos presentes en estiércol solarizado y sin solarizar

CEPA MICROBIOLÓGICAS	TESTIGO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
<i>Cryptosporidium sp</i>	♦									
<i>Giardia sp</i>	♦									
<i>Escherichia coli</i>	♦									
<i>Bacillus sp</i>	♦		♦			♦		♦	♦	

*NMP= Numero Mas probables

Análisis Microbiológico. El análisis estadístico comprueba que los tratamientos muestran diferencias significativas con una $Pr > F = 0.0001$. La prueba de medias a los tratamientos agrupados en tres grupos. El primer grupo corresponde al tratamiento T8, el cual presento una media de 1.75 NMP; el segundo grupo corresponde a los tratamientos T2, T5 y T7, mostraron una media de 0.25 NMP y por ultimo el tercer grupo correspondiente a los tratamientos T1, T3, T4, T6 y T9 representando una media de 0.00 NMP. Estos últimos tratamientos se consideraron los mejores al no mostrar crecimiento bacteriano alguno, teniendo como característica en común que tres de ellos tienen 50% de humedad (T3, T6, T9, T4 y T1). Estos tratamientos comprueban ser los mas efectivos ya que las temperaturas generadas por estos montículos fueron las mas altas de acuerdo a las pruebas de medias realizadas anteriormente. Para los tratamientos T1 y T4, el análisis de temperatura arroja que son los tratamientos que tienen las

temperaturas más bajas, lo que indica que los microorganismos inhiben su crecimiento a temperaturas relativamente más bajas siempre y cuando no tengan humedad inferior al 50% presente, además de no estar enterrada a más de 25cm de profundidad.

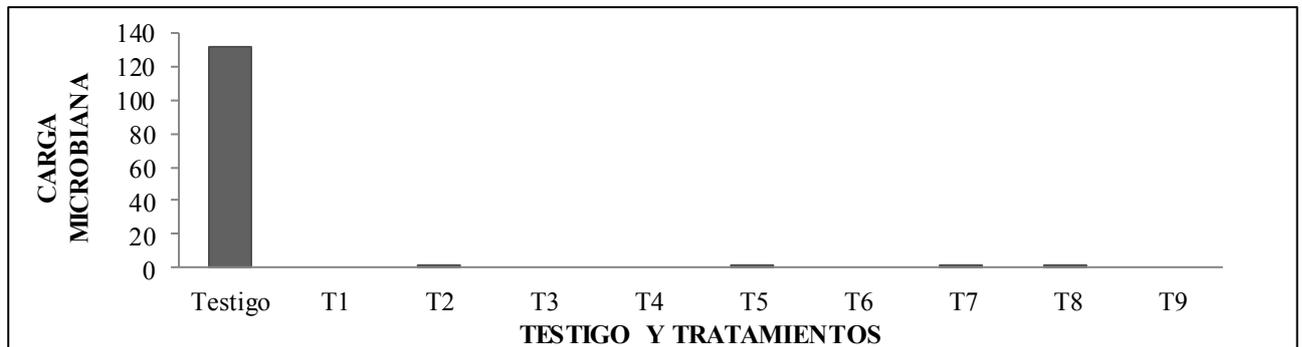


Figura 1. Prueba de medias comparativa (Tratamientos-Testigo) para carga microbiana

Determinación de temperaturas por tratamientos. El comportamiento de las temperaturas registradas fue de manera descendente, mostrando que el mes de julio registró las temperaturas máximas, presentando una medida de 55.7, el mes de agosto presentó una media de 55.38, el mes de septiembre reporta una media de 49.58, el mes de octubre fue el mes menos caliente con una medida de 31.09. Las temperaturas del mes de julio fueron máximas respecto al mes de octubre; dado que el mes de julio se encuentra en la estación de verano y octubre en la de otoño.

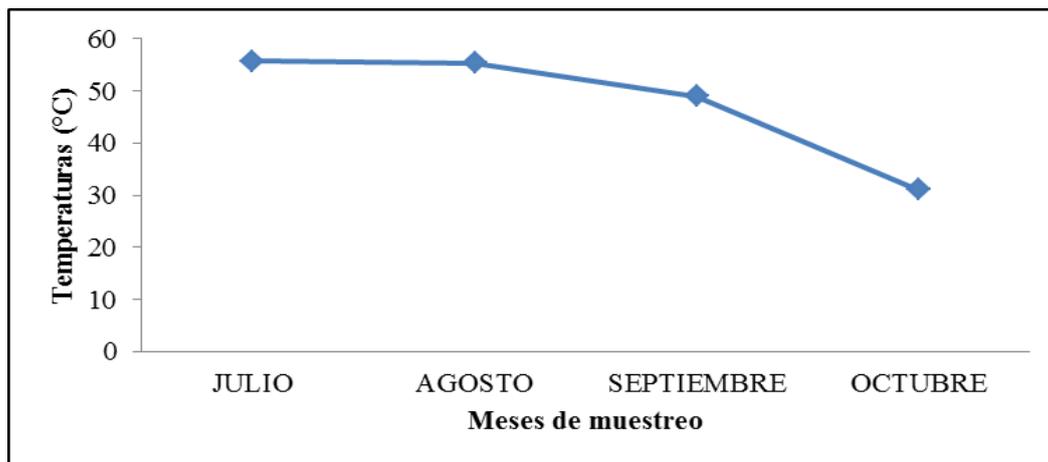


Figura 2. Temperaturas registradas durante los meses de muestreo

El análisis estadístico comprueba que existen diferencias significativas con una $Pr > F = 0.047$, comprobando que el factor de humedad al 50% es el componente que más incrementa las temperaturas con una media de 56.41°C siguiendo el de 25%, de humedad con una media de 54.43°C y por último el factor de humedad 0% presentando una media de 52.66 °C.

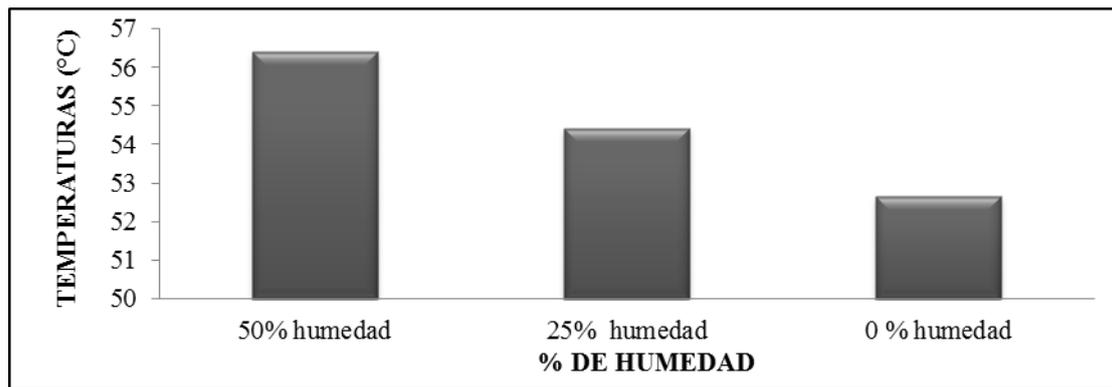


Figura 3. Pruebas de medias para la humedad respecto a temperaturas.

Lo reportado en el experimento concuerda con lo reportado por (Maher *et al*;1984) en donde se utilizó un modelo para medir la variación de temperatura del suelo bajo diferentes factores de humedad en el suelo, encontrando que las máximas temperaturas se registran en la medida que la humedad del suelo se incrementa., fue señalado también por Maher (1979), en donde comprueba que la solarización es un método Hidrotérmico y que su éxito depende de la humedad disponible para una mayor transferencia de calor, el calor máximo que alcanzan los suelos se incrementan con el aumento de la humedad de los mismos.

Conclusiones

La solarización del estiércol es un método eficaz para eliminar *Cryptosporidium* y *Giardia*. A mayor humedad mayor temperatura de la pila de estiércol. Es posible eliminar *Cryptosporidium* y *Giardia* en estiércol de manera eficiente desde un 25% de humedad. La profundidad de las pilas no es un factor de importancia que influya en la solarización de las pilas

Literatura citada

- Barwick, R. S. 2003. Factors associated with the likelihood of *Giardia* spp. and *Cryptosporidium* spp. in soil from dairy farms. *J. Dairy Sci.* 86: 784-791.
- Cueto, W., H.M. Quiroga y C.T. Becerra M. 2003. Efecto del nitrógeno total disponible sobre el desarrollo del ballico anual. 1. Producción y calidad del forraje, y acumulación de nitratos. *Terra* (21):285-295.
- Diario oficial de la federación del 23 de abril de 1997. NOM-037-FITO-1995.
- Fayer, R. 2004. *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. *Veterinary Parasitology*. 126:37-56.
- INEGI. 1997. Estadísticas Nacionales, SEMARNAT.
- Meinhardt, P., D. Casemore and K. Miller. 1996. Epidemiologic aspects of human cryptosporidiosis and the role of waterborne transmission. *Epidemiol Rev.* 18 (2): 118-136.
- Sánchez, P. H., M. Vargas-Morales y J. Méndez-Sánchez. 2000. Calidad bacteriológica del agua para consumo humano en zonas de alta marginación de Chiapas. *Salud Pública de México*. 42 (5): 397-406.
- Thompson, A. 2004. The Pathogenic Enteric Protozoo: *Giardia*, *Entamoeba*, *Cryptosporidium* and *Cyclospora*; Vol. 8; Kluwer Academia Publisher.
- Trinidad, A. 2007. Utilización de estiércoles, SAGARPA, Secretaria de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyo para el Desarrollo Rural. Montecillo, Estado de México.

DIVERSIDAD FENOTÍPICA DE POBLACIONES DE *Rhizobia* DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Lina Hernández-Flores¹, Ma. Carmen Villegas-Hernández², Engelberto Saldoval-Castro¹, Daniel Martínez-Carrera¹.

¹Colegio de Postgraduados Campus-Puebla hlina@colpos.mx. ²Instituto Politécnico Nacional, ENCB.

Resumen

En la simbiosis rhizobia-leguminosa, la fijación de nitrógeno está relacionada con el estadio fisiológico de la planta huésped, así como con las condiciones edafoclimáticas, de manera que aunque una cepa de rhizobia sea altamente efectiva, competitiva y persistente, su capacidad de fijación de nitrógeno estará limitada por diversos factores. Los involucrados en la nodulación (rhizobia y leguminosa), su asociación y funcionalidad, son afectados positiva o negativamente por las condiciones ambientales durante su ciclo de vida, considerando su capacidad de adaptación a condiciones adversas, su permanencia en el sitio de interés, y su facilidad de manejo. Por lo que, en este estudio, se planteó como objetivo evaluar la diversidad de las cepas aisladas mediante pruebas fisiológicas. Se evaluó el crecimiento de 31 cepas de rhizobia, obtenidas a partir de 11 muestras compuestas de suelo y nódulos radiculares, en medio de cultivo con diferentes condiciones (pH de 4.0, 5.5, 6.8 y 8.0; temperatura de incubación a 32 y 42°C, concentración de NaCl de 0.01, 0.51 y 0.85 moles L⁻¹). Algunas cepas presentaron una baja capacidad de supervivencia al incubarse a diferentes temperaturas y cambios en el medio de cultivo, sin embargo, algunas cepas resaltaron por su capacidad de adaptación a estos cambios. La diferencia en efectividad por parte de las diferentes cepas ensayadas sugiere que una inoculación de cepa permitiría aprovechar las características de adaptación más sobresalientes de cada cepa en las diferentes condiciones prevalentes en los terrenos de cultivo para alcanzar una agricultura sustentable. **Palabras clave:** Crecimiento, temperatura, pH, concentración de NaCl.

Abstract

In the rhizobia-leguminous symbiosis, the nitrogen fixation is related to the physiological stage of the plant guest, as well as with the edafoclimáticas conditions, so that although a stock of rhizobia is highly effective, competitive and persistent, its capacity of nitrogen fixation will be limited by diverse factors. The involved ones in the nodulation (rhizobia and leguminous), their association and functionality, are affected positively or negatively by the environmental conditions during their service life, having considered their capacity of adaptation to adverse conditions, their permanence in the site of interest, and its facility of handling. Reason why, in this work, one considered like objective to evaluate the diversity of the stocks isolated by means of physiological tests. The growth of the 31 stocks of rhizobia was evaluated, obtained from 11 compound samples ground and nodules radiculares, in the middle of culture with different conditions (pH of 4,0, 5,5, 6,8 and 8.0; temperature of 32 incubation to and 42°C, concentration of NaCl of 0,01, 0,51 and 0,85 L-1 masses). Some stocks presented/displayed a low capacity of survival when incubating to different temperatures, or changes in culture means, nevertheless, some stocks stood out by their capacity of adaptation to these changes. The difference in effectiveness on the part of the different tried stocks suggests an inoculation stock would allow taking advantage of the more excellent characteristics of adaptation each stock in the different prevalent conditions in culture lands to reach a viable agriculture. **Key Words:** Growth, temperature, pH, concentration NaCl.

Introducción

El grupo más estudiado de los fijadores simbióticos de nitrógeno, es el grupo de los llamados rhizobia, este término es utilizado para agrupar a aquellas bacterias capaces de nodular una o más especies de la familia Fabácea (antes Leguminosae) y que pueden llevar a cabo la fijación biológica de nitrógeno durante esta asociación simbiótica (Moulin *et al.*, 2001).

Las características del suelo como temperatura, humedad, composición química y física, varían dentro de pequeñas aéreas y estas variaciones afectan a las poblaciones bacterianas del suelo (Willems *et al.*, 2006). Así, las diferentes respuestas relacionadas con la salinidad, acidez/alcalinidad y temperatura

pueden ser características distintivas de las bacterias del suelo e influir en la persistencia y capacidad de nodulación en las plantas leguminosas.

Sin embargo, cuando las cepas sobreviven a altas temperaturas no significa que haya una mayor eficiencia en las cepas en cuanto a la fijación de nitrógeno ya que se ha observado que cepas aisladas de climas cálidos y secos pierden su efectividad, además las altas temperaturas pueden retrasar la nodulación o facilitar el desarrollo de nódulos inefectivos (Philippus *et al.*, 2008; Naya *et al.*, 2007).

En este estudio nos muestran que las cepas presentan una diversidad en cuanto a la capacidad de crecimiento, presentando capacidad de adaptación a elevadas temperaturas, crecimiento en un amplio intervalo de valores de pH y tolerancia a diversas concentraciones de NaCl. Un factor importante en la detección de microorganismos es el medio de cultivo utilizado para evaluar estas poblaciones, ya que cualquier modificación de la humedad, materia orgánica o el pH puede influir en la posibilidad de aislar ciertas poblaciones bacterianas (Zehr *et al.*, 2003).

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el estado de Chihuahua. El sitio de muestreo se seleccionó al azar, tomándose muestras de suelo con historial de cultivo de alfalfa, cacahuete, nogal, papa, chile, durazno y manzano. Además, se colectaron nódulos de cacahuete y alfalfa en los municipios de Casas Grandes, Ojinaga y Delicias, de los cuales se obtuvieron 31 aislados, a las cuales se les determinó sus características morfológicas y la capacidad de crecimiento a diferentes temperaturas de incubación y tolerancia a cloruro de sodio se determinó de la siguiente manera:

Se inocularon tubos con 7 mL de medio de cultivo líquido con cepas precultivadas a 28°C durante 24-48 hrs. Las células fueron lavadas con una solución isotónica al 0.8% y se resuspendieron en 10 mL de solución salina al 0.8%. Con esta suspensión se inocularon tubos conteniendo 5 mL de medio de cultivo líquido, siendo inoculadas a una densidad óptica (D.O.) a 600 nm entre 0.08-0.1 de población bacteriana para efectuar una cinética de crecimiento, los tubos se incubaron de acuerdo a las características de cada ensayo en las siguientes condiciones:

La capacidad de crecimiento se determinó a temperaturas de incubación de 32 y 42°C. El pH del medio de cultivo se ajustó a 4.0, 5.5, 6.8 y 8.0, con HCl o NaOH.

Las concentraciones de NaCl ensayadas fueron de 0.017, 0.51 y 0.85 moles/L en el medio de cultivo.

Los tubos inoculados fueron incubados por una semana, durante la cual, cada 24 horas se efectuó la medición del valor de D.O. La incubación de todos los ensayos se llevó a cabo en agitación constante y las muestras se analizaron por triplicado.

Resultados y Discusión

Los 31 aislados se identificaron en base a sus características morfológicas, presentaron colonias rojas, rosas y blanquecinas (en medio con rojo Congo), las cuales tuvieron apariencia húmeda y mucosa, de superficie convexa.

Crecimiento a 32 °C y 42 °C. Las 31 cepas presentaron un crecimiento mayor a temperatura de incubación de 32°C, sobresaliendo las cepas LMS473 y LMS479, procedentes de Ojinaga e identificadas por análisis de 16S rDNA como *Ensifer meliloti*.

De las 31 cepas sólo algunas presentaron un máximo de crecimiento a 42°C, encontrando cepas provenientes de las tres localidades (Figura 1a y Cuadro 1), siendo las cepas: LMS472 identificada como *E. meliloti* proveniente de Ojinaga, LMS476 correspondiente *Ensifer* sp de Ojinaga, LMS479 identificada como *E. meliloti* de Ojinaga, LMS486 que corresponde a *E. meliloti* de Delicias y LMS492 que se identificó como *Rhizobium etli* de Delicias, estas cepas presentaron mayor crecimiento a 42°C, el resto de los aislados su crecimiento obtenido fue menor de 1.5 de densidad óptica_{600nm}.

Los rhizobia que presentan crecimiento rápido, como los que nodulan alfalfa, tienen un intervalo óptimo de temperatura (28-47°C) mayor que los de crecimiento lento, como los específicos de soya (32-44°C) (Philippus *et al.*, 2008; Hassan 2004; Vriezen, 2007; Figareido *et al.*, 2008), en este estudio se observó que 5 cepas presentaron un crecimiento mayor a 42°C las cuales fueron identificadas como LMS472 *Ensifer meliloti* aislada de suelo de alfalfa, LMS476 *Ensifer* sp aislada de suelo de algodón, LMS479 *Ensifer meliloti* aislada de nódulo de cacahuete, LMS486 *Ensifer meliloti* aislada de suelo de chile y LMS492 *Rhizobium etli* aislada de nódulo de alfalfa.

Crecimiento a diferentes valores de pH del medio. Para observar el crecimiento de las cepas en diferentes condiciones, las cuales pudieran encontrarse en su ambiente natural, se efectuaron pruebas de resistencia a diferentes valores de pH, los resultados nos muestran diversidad en cuanto a la capacidad de crecimiento a diferentes valores de pH, ya que podemos observar que algunas cepas crecen en un amplio intervalo de valores de pH, desde ácido hasta alcalino (Figura 1b y Cuadro 1), aunque también se observa que sólo unas pocas de las cepas estudiadas presentan crecimiento en valores restringidos de pH, creciendo, ya sea en valores de pH ácido o alcalino únicamente.

Las cepas que resistieron en medio de cultivo a pH 4.0 mostraron un crecimiento bajo, pero ninguna alcanzó niveles sobresalientes de D.O. En el caso de crecimiento a pH 5.0 sobresalieron 12 cepas. Para la evaluación de crecimiento a pH 6.8, condición estándar de crecimiento en cultivo *in vitro*, sobresalieron 11 cepas del estudio. Durante los ensayos a pH 8.0, sobresalieron 16 cepas, las cuales presentaron mayor crecimiento, siendo identificadas la mayoría dentro del género *Ensifer*.

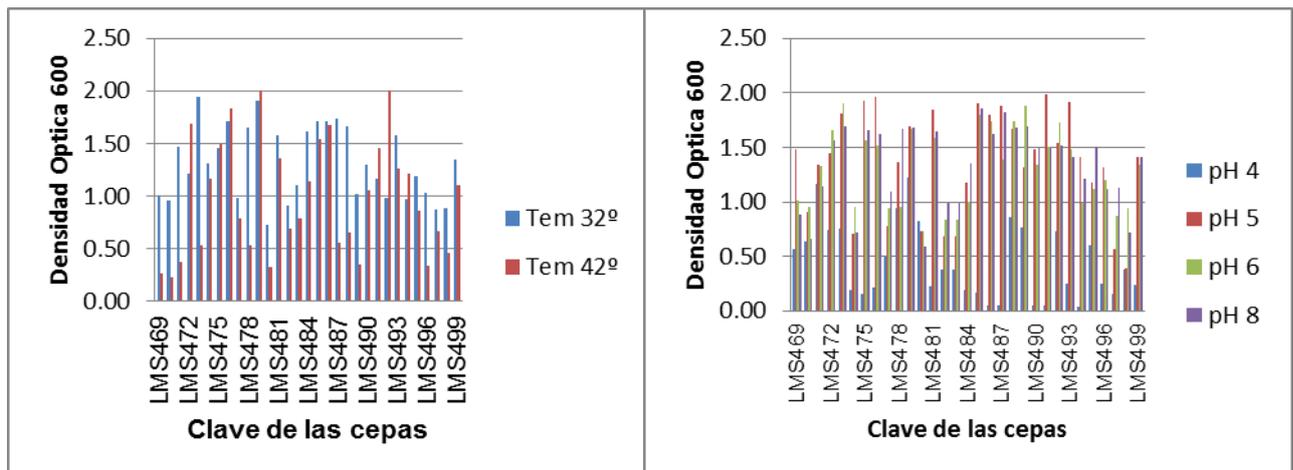


Figura 1a. Crecimiento de las cepas en 2 diferentes valores de temperatura. 1b. Crecimiento de cepas en 4 diferentes valores de pH

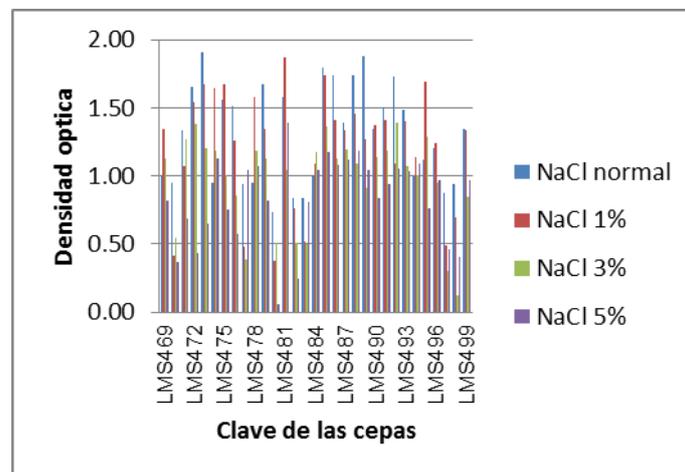


Figura 1c. Crecimiento de las cepas en 4 diferentes concentraciones de NaCl

Las bacterias de crecimiento rápido del grupo rhizobia son más sensibles que las de crecimiento lento a bajos valores de pH. Por ejemplo, *S. meliloti*, microsimbionte de alfalfa, casi desaparece en suelos de pH menor a 6.0, mientras que *B. japonicum*, microsimbionte de soya tolera valores de pH menores. El efecto del pH tiene gran influencia sobre la biodisponibilidad de los nutrientes del suelo. El pH bajo generará deficiencias de fósforo disponible, lo que a su vez puede afectar la fijación de N_2 (Philippus *et al.*, 2008; Hassan 2004; Vriezen, 2007).

Crecimiento a diferentes concentraciones de NaCl del medio. De los resultados obtenidos en esta prueba podemos observar que 17 cepas presentan mayor crecimiento a valores elevados de NaCl (1%), sólo 3 cepas presentaron mayor crecimiento en NaCl 3% y sólo una cepa presentó mayor crecimiento en NaCl 5%, cabe resaltar que la mayoría de las cepas de las tres localidades en estudio presentaron crecimiento en concentraciones estándar de NaCl en el medio de cultivo (Figura 1c y Cuadro 1).

Cuadro 1. Cepas con mayor crecimiento bajo diferentes condiciones de cultivo.

LOCALIDAD	CLAVE	ORIGEN	GENERO	Tem		pH				NaCl				
				32°	42°	4	5	6.8	8	1%	3%	5%		
Ojinaga	LMS469	Suelo Alfalfa	<i>Ensifer terangaie</i>				1.47				1.34			
	LMS470		<i>Ensifer meliloti</i>											
	LMS471		<i>Rhizobium leguminosarum</i>				1.34	1.33						
	LMS472		<i>Ensifer meliloti</i>	1.62	1.70		1.45	1.65	1.56	1.54	1.38			
	LMS473		<i>Ensifer meliloti</i>				1.80	1.90	1.69	1.67				
	LMS474		<i>Rhizobium leguminosarum</i>								1.64			
	LMS475		Suelo Cacahuate	<i>Rhizobium sp</i>	1.45	1.490		1.92	1.55	1.65	1.67			
	LMS476		<i>Ensifer sp</i>	1.71	1.838		1.95	1.51	1.61					
	LMS477		Suelo Algodón	<i>Rhizobium sp</i>										
	LMS478		<i>Ensifer meliloti</i>				1.36		1.66	1.58				
	LMS479		Nódulo Cacahuate	<i>Ensifer meliloti</i>	1.90	1.99		1.68	1.67	1.68	1.34			
	Delicias		LMS480	Suelo Cacahuate	<i>Ensifer sp.</i>									
			LMS481		<i>Rhizobium etli</i>				1.84	1.58	1.64	1.87	1.39	
			LMS482		<i>Rhizobium etli</i>									
LMS483		<i>Rhizobium sp</i>												
LMS484		Suelo Papa	<i>Ensifer sp</i>							1.35				
LMS485		Suelo Chile	<i>Ensifer meliloti</i>		1.71	1.54		1.90	1.79	1.85	1.74	1.36		
LMS486		<i>Ensifer meliloti</i>	1.71		1.67		1.79	1.74	1.61	1.41				
LMS487		<i>Ensifer etli</i>					1.88	1.39	1.81	1.34				
LMS488		<i>Ensifer meliloti</i>					1.66	1.73	1.67	1.46				
LMS489		Nódulo de Alfalfa	<i>Ensifer sp.</i>					1.31	1.87	1.69				
LMS490		<i>Ensifer sp.</i>					1.47	1.34	1.49	1.38				
LMS491		<i>Ensifer sp.</i>	1.16		1.45		1.98	1.50	1.49	1.41				
LMS492		<i>Rhizobium etli</i>	0.97		1.99		1.53	1.72	1.51	1.39				
Casas Grandes	LMS493	Suelo Durazno	<i>Rhizobium sp.</i>				1.91	1.48	1.41	1.40				
	LMS494		<i>Rhizobium etli</i>	0.96	1.21		1.41							
	LMS495		<i>Ensifer sp</i>						1.50	1.69				
	LMS496		<i>Rhizobium etli</i>				1.31							
	LMS497		<i>Ensifer meliloti</i>											
	LMS498		Suelo Manzano	<i>Rhizobium sp</i>										
	LMS499		<i>Rhizobium sp</i>				1.41	1.34	1.41	1.33				

El estrés generado por la sequía y por las altas temperaturas, depende de la región y en muchos casos es reversible, el estrés salino es permanente, por lo que los organismos deben vivir y crecer en esas condiciones. Las cepas de diferentes especies de rhizobia muestran una marcada variabilidad en cuanto a la tolerancia a los suelos salinos (Philippus *et al.*, 2008; Hassan, 2004; Vriezen, 2007).

Finalmente, de los resultados obtenidos y mostrados anteriormente se obtuvieron siete cepas que presentaron mayor capacidad de adaptación, crecimiento a elevadas temperaturas, crecimiento en un amplio intervalo de valores de pH y tolerancia a diversas concentraciones de NaCl del medio (Cuadro 1). Estas cepas pueden ser consideradas para su evaluación en ensayos de campo, que nos permitan confirmar las respuestas obtenidas en laboratorio; el resto de las cepas no debe ser descartado, ya que con el seguimiento adecuado pueden llegar a ser útiles en el diseño de inoculantes que posean potencial para su aplicación en diferentes condiciones y sistemas de cultivo.

Conclusiones

Las 31 cepas presentaron crecimiento mayor a temperatura de incubación de 32°C, sobresaliendo las cepas LMS473, LMS479 e identificadas como *Ensifer meliloti*. Del total, 5 cepas presentaron un crecimiento mayor cuando fueron incubadas a 42°C estas fueron identificadas como *E. meliloti* aisladas de suelo de alfalfa, LMS476 *Ensifer sp* aislada de suelo de algodón, LMS479 *Ensifer meliloti* aislada de nódulo de cacahuate, LMS486 *Ensifer meliloti* aislada de suelo de chile y LMS492 *Rhizobium etli* aislada de nódulo de alfalfa. Los resultados obtenidos nos muestran una diversidad en cuanto a la capacidad de crecimiento en diferentes valores de pH del medio de cultivo. Las cepas que

presentan crecimiento a pH 4.0 mostraron un crecimiento pobre. Cuando se evaluó el crecimiento a pH 5.0, 12 de las 31 cepas mostraron un buen crecimiento. Para el crecimiento a pH 6.8 (valor estándar del medio de cultivo) 11 cepas mostraron altos valores de $DO_{600\text{ nm}}$. Mientras que en medio de cultivo con pH 8 el crecimiento de 16 cepas resaltó por presentar los valores más altos de $DO_{600\text{ nm}}$. 17 cepas presentaron buen crecimiento en medio de cultivo con concentración de NaCl 1%, 3 cepas presentaron mayor crecimiento en medio con NaCl 3% y sólo una cepa presentó mayor crecimiento en NaCl 5%. Se obtuvieron siete cepas que presentaron capacidad de adaptación a elevadas temperaturas, crecimiento en un amplio intervalo de valores de pH y tolerancia a diversas concentraciones de NaCl. La inestabilidad de los aislados para su estudio, así como su tolerancia a diferentes temperaturas, pH, concentraciones de sales, estas características, sumadas a las información proporcionada por los agricultores, sugiere que el comportamiento de las poblaciones microbianas presentes en los suelos estudiados están siendo afectadas por el uso de agroquímicos, e influenciadas por los factores bióticos y abióticos donde se encuentran estas bacterias. Si bien, las cepas de rizobia en general presentan baja tolerancia a cambios de temperatura o pH del medio, altas concentraciones de sales del mismo, y una restringida utilización de diferentes compuestos como fuente de energía, sugieren una mayor flexibilidad fisiológica y capacidad de adaptación a las condiciones ambientales. Lo anterior las hace buenas candidatas para el diseño y elaboración de biofertilizantes que respondan a las características ambientales y de cultivo de las localidades en estudio.

Literatura citada

- Figueiredo, M.B.; Burity, H. A.; Martinez, C. R. And Chanway, C. P. 2008. Alleviation of drought stress in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by co-inoculation with *Paenibacillus polymyxa* and *Rhizobium tropici*. *Applied Soil Ecology* 40:182–188.
- Hassan-Moawad A. A. 2004. Application of Microbial Biotechnology for sustainable legume production in desert conditions, International Conf. on Water Resources and Arid Environment. P 10.
- Moulin, L., A. Munive, B. Dreyfus y C. Boivin. 2001. Nodulation of legumes by members of the β -subclass of Proteobacteria. *Nature* 411: 948-950.
- Naya L.; Ladrera R.; Ramos J.; Gonzalez E. M.; Arrese-Igor C.; Minchin F. R. and Becana M. 2007. The response of carbon metabolism and antioxidant defenses of alfalfa nodules to drought stress and to the subsequent recovery of plants. *Plant Physiol* 144:1104-1114.
- Philippus, D.R.; Kiddle, G.; Pellny, T. K.; Mokwala, P.W.; Jordan, A.; Strauss, A. J.; De Beer, M.; Schlüter, U.; Kunert K. J. y Foyer, C. H. 2008. Regulation of respiration and the oxygen diffusion barrier in soybean protect symbiotic nitrogen fixation from chilling-induced inhibition and shoots from premature senescence. *Plant Physiology* 148:316-327.
- Vriezen, J. A., F. J. De Bruijn. y K. Nusslein, 2007. Responses of rhizobia to desiccation in relation to osmotic stress, oxygen, and temperature. *Applied and environmental microbiology* 73(11):3451-3459.
- Willems, A. 2006. The taxonomy of rhizobia: an overview. *Plant Soil* 287:3-14.
- Zehr, J. P.; Jenkins, B. D.; Short, S. M. and Steward, G. F. 2003. Nitrogenase gene diversity and microbial community structure: across-system comparison. *Environ. Microbiol.* 5:539-554

INFLUENCIA DEL AMBIENTE RIZOSFÉRICO EN LA DIVERSIDAD DE LAS BACTERIAS ASOCIADAS A *Zea mays* L.

López-Reyes, Lucía^{1,2,3}, Castañeda-Roldán, Elsa^{1,3}, Medina de la Rosa Guadalupe², Carcaño Montiel, Moisés², Muñoz Rojas Jesús³ y Ruiz Careaga Jesús^{1,4}.

¹Posgrado en Ciencias Ambientales. Manejo y Conservación de los Recursos Naturales.

²Laboratorio de Microbiología de Suelos. ³Centro de Investigaciones en Ciencias Microbiológicas. ⁴Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

E-mail: luloperey@yahoo.com.mx

Resumen

Se determinó a partir del ambiente rizosférico de *Zea mays* L. la población bacteriana existente en cinco variedades y se comparó con suelo no influenciado por la raíz de maíz. Además, se evaluó la variabilidad de diferentes grupos bacterianos Gram negativos; a los que se les caracterizó mediante ensayos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos. Las bacterias caracterizadas bioquímicamente como similares, se agruparon y se determinó la relación entre los grupos fisiológicos identificados, la variabilidad bioquímica y la presión ambiental ejercida por las características físicas y químicas del suelo en el ambiente rizosférico. Se concluyó que las diferencias en la variedad de maíz, influyen en la composición y actividad microbiana presente en la rizósfera.

Palabras clave: Caracterización bioquímica, diversidad, maíz.

Abstract

The environmental rhizosphere of *Zea mays* L. was evaluate for the bacterial population in five varieties of maize and were compared with soil non influenced by the root of maize. Also, were evaluates the variability of different bacterial Gram negative; to those that are characterized by morphological, physiologic and biochemical assays. The bacteria characterized biochemically as similar were grouped and determined the relationship among the identified physiologic groups, the biochemical variability and the environmental pressure exercised by the physical and chemical characteristics of the soil in the environmental rhizosphere. We concluded that the differences in the variety of maize, influence in the composition and activity microbial present in the rhizosphere.

Key Words: Characterization biochemical's, diversity, maize.

Introducción

Entre las plantas cultivadas, el maíz (*Zea mays* L.) es la planta de mayor diversidad genética, con amplia diversidad de usos y su origen se asocia con teocintles en México, siendo la variabilidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado mucho mayor que la de cualquier otro cultivo (Pohl *et al.*, 2007). En México, el maíz ha sido utilizado como el alimento principal de la población, a pesar de tener deficiencias en aminoácidos, lisina y triptófano y desbalances en leucina e isoleucina. Diversos estudios asocian el cultivo y uso del grano con la cultura de las diferentes regiones del País, lo que ha propiciado que en la actualidad existan variedades que se producen bajo condiciones agro-climáticas particulares y para usos muy específicos. Entre los esquemas de selección, se logra obtener variaciones incluyendo resistencia a diversas plagas y enfermedades y una mayor respuesta heterótica entre otros factores (Paterniani, 1990, Torney *et al.*, 2007) y con ello, ocasiona presiones sobre los ecosistemas, siendo el suelo de la rizósfera el más sensible con relación a las diferentes variedades. Las interacciones entre bacterias del suelo y plantas de interés agronómico, están influenciadas por diversos factores bióticos. Algunas secreciones tales como: carbohidratos poliméricos y enzimas, dependen de procesos metabólicos y su liberación puede también ser estimada como exudados radicales. Otro importante aspecto, es la secreción de proteínas enzimáticas, que son capaces de hidrolizar moléculas orgánicas y liberar componentes como el fósforo inorgánico, que es después disponible para las plantas. Mientras que las rizobacterias pueden obtener beneficios obvios de las cantidades significantes de exudados radicales dentro de la rizósfera, ellas devuelven una influencia significativa en el suministro de nutrimentos a la planta por competir por nutrientes inorgánicos y por

mediar el reciclado y mineralización de compuestos orgánicos. La deposición de materiales orgánicos, estimula el crecimiento microbiano y actividad en el ecosistema de la rizósfera, que subsecuentemente controla los ciclos del carbono, el nitrógeno y el fósforo entre otros. Cualquiera de los dos procesos, tanto la respuesta a la exudación por la bacteria o la respuesta por la bacteria a la exudación sugiere un cierto grado de co-evolución entre plantas y rizobacterias (Nehl *et al.*, 1997). Es claro que numerosos y diferentes organismos pueden asociarse con la raíz de las gramíneas: aeróbicos, anaerobios y facultativos. Sin embargo, aún existe una gran abundancia de especies no caracterizadas asociadas con gramíneas silvestres. Las bacterias de vida libre o asociativas que habitan la rizósfera pueden estimular el crecimiento de gramíneas, los microorganismos más estudiados han sido los pertenecientes a los géneros *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Beijerinckia*, *Pseudomonas* y *Bacillus* entre otros (Loredo-Osti *et al.*, 2004). Se sabe que las amplias variaciones morfológicas, fisiológicas y ecológicas de los distintos grupos de microorganismos, están influenciadas por la constitución genética de los hospederos (Martínez-Romero y Caballero-Mellado, 1996). Por lo que, el objetivo es evaluar la diversidad de las bacterias cultivables asociadas al suelo del ambiente rizosférico de maíz de diferente variedad. Para ello, se determina la población microbiana en cinco variedades de maíz (*Zea mays* L.) y la diversidad fisiológica de bacterias mesofílicas aeróbicas en suelo de la rizósfera.

Materiales y Métodos

Suelo agrícola. Se realizó el muestreo de suelo agrícola para su posterior caracterización física, química de superficie y biológica, donde se sembraron cinco variedades de *Zea mays* L. a partir de semillas esterilizadas en la superficie por agitación en cloramina T al 1% durante 5 min, seguido por cinco lavados en agua desmineralizada estéril y sembradas en el suelo muestreado y crecidas durante 20 días.

Variabilidad bacteriana en *Zea mays* L. Se procedió a la cuantificación de la población bacteriana cultivable a partir de la rizósfera de cinco variedades de maíz a los 20 días después de la siembra. Los conteos se realizaron mediante diluciones seriadas y la técnica de dilución en placa. Posteriormente, se realizó el aislamiento de 296 bacterias, a las que se purificó y caracterizó por medio del uso de galerías API de Biomerieux (20E y 20NE) y pruebas complementarias, determinando la diversidad fisiológica de los aislados y posteriormente a cada aislado se le realizó la interpretación mediante el sistema Apiweb, seguida del cálculo del porcentaje de identificación y la tipicidad.

Resultados y Discusión

Análisis de variabilidad bacteriana en *Zea mays* L. Los conteos bacterianos, para las diferentes variedades de maíz fue diverso y en el orden de 10^6 UFC g^{-1} de suelo de la rizósfera encontrando diferencias significativas en la población bacteriana con respecto al control, siendo más abundante las poblaciones asociadas a maíz criollo azul, seguido de maíz criollo rojo, maíz criollo amarillo, maíz silvestre o teocintle y QPM. Lo cual coincide con lo mencionado en diversos estudios donde se reporta la influencia del ambiente rizosférico en el incremento de las poblaciones bacterianas asociadas a la rizósfera y con poblaciones entre 10^7 y 10^8 UFC de poblaciones bacterianas (Gómez *et al.*, 2001).

Caracterización fisiológica bacteriana. Se ajustó la variabilidad bioquímica bacteriana en forma porcentual y se comparó entre las diferentes variedades de maíz como se observa en el Cuadro 1 y Cuadro 2, donde podemos notar que existe diferenciación en la actividad metabólica de la población bacteriana dependiendo del maíz evaluado, lo cual debe estar en relación con los compuestos liberados en la rizósfera de las plantas de las diferentes variedades de maíz, ya que se ha demostrado que se pueden encontrar los aminoácidos en maíz: Asp, Glu, Asn, Ser, Gln, His, Gly, Thr, Arg, Ala, Tyr, Met, Val, Trp, Phe, Ile, Leu; así como los carbohidratos: Fuc, Glm, Rha, Gal, Glu, Xyl, Man, Gla, Gua y los ácidos carboxílicos: Láctico, acético, fumárico y t-aconítico (Knee *et al.*, 2001) así como malato y citrato en la raíz (Long *et al.*, 2007). Es muy notorio observar que los aminoácidos arginina, lisina, ornitina y triptófano son preferidos por la población bacteriana asociada a maíz QPM (Quality Protein Maize) ya que demostraron actividad de las enzimas arginina, lisina y ornitina descarboxilasa en un 60%, 19% y 6% respectivamente así como triptófano desaminasa en un 25% y producción de índol en un 35%. Siendo de gran importancia ya que el maíz híbrido QPM, ha sido generado con alta cantidad de proteína y de los aminoácidos esenciales lisina y triptófano (Peña-Valdivia *et al.*, 2007), por lo que el comportamiento de la población bacteriana, podría estar relacionado. Adicionalmente, los sustratos

de urea, esculina y gelatina demuestran alta afinidad a la población bacteriana asociada a maíz híbrido QPM. La esculina es poco requerida por la población bacteriana asociada a maíz de las diferentes variedades ya que los valores porcentuales en requerimientos está por debajo de la población bacteriana control (60%), a excepción de maíz QPM con un 62% de la población bacteriana con actividad hidrolítica de la esculina, que podría estar asociado con la presencia de un alto contenido de carbohidratos de tipo polimérico, aunque se ha ensayado principalmente la presencia de los azúcares glucosa y sacarosa en la raíz de maíz además, la alta actividad gelatinasa que puede asociarse a la presencia de proteínas en la raíz de plantas de maíz (Li *et al.*, 2008).

Cuadro 1. Porcentaje de la diversidad bioquímica de bacterias asociadas a plantas de maíz procedentes de diferente variedad.

	O N P G	A D H	L D C	O D C	U R E	T D A	I N D	V P	G E L	E S C	O X
Suelo control	62	10	0	0	15	4	0	15	56	60	40
Criollo amarillo	68	2	0	0	3	0	3	11	42	32	42
Criollo Negro	15	10	2	0	5	0	2	35	28	12	57
Criollo rojo	19	17	2	0	22	5	2	5	54	29	46
Híbrido QPM	49	60	19	6	46	25	35	4	92	62	33
Teocintle	21	38	0	0	9	2	0	19	43	24	5

ONPG β-galactosidasa, ADH arginina dihidrolasa, LDC lisina descarboxilasa, ODC ornitina descarboxilasa, URE ureasa, TDA triptófano desaminasa, IND indol sintetasa, VP producción de acetina, GEL gelatinasa (proteasa), ESC β-glucosidasa, OX citocromo oxidasa.

Cuadro 2. Porcentaje de la diversidad bioquímica de bacterias asociadas a plantas de maíz procedentes de diferente variedad.

	G L U	M A N	I N O	S O R	R H A	S A C	M E L	A M Y	A R A	M N E	A N A	M A G	G A P	C A D	A M L	M I T	C I T	P A C
Suelo control	10	4	4	2	2	8	0	0	2	62	90	77	77	10	19	81	69	31
Criollo amarillo	9	4	0	2	2	2	2	0	5	54	60	25	72	47	33	70	75	40
Criollo Negro	8	0	0	0	2	2	5	2	7	7	32	7	67	87	48	80	80	5
Criollo rojo	22	12	10	10	7	15	10	17	15	32	56	17	88	73	27	98	88	32
Híbrido QPM	21	4	0	4	0	19	4	4	10	87	85	35	52	46	8	67	87	8
Teocintle	36	7	0	0	0	12	5	2	10	52	90	24	95	69	33	95	86	38

GLU Fermentación de glucosa, MAN Fermentación de D-manitol, INO Fermentación de inositol, SOR Fermentación de D-sorbitol, RHA Fermentación de L-ramnosa, SAC fermentación de sacarosa, MEL Fermentación de D-melibiosa, AMY Fermentación de amigdalina, ARA Fermentación de L-arabinosa, MNE Asimilación de manosa, NAG Asimilación de N-acetil-glucosamina, MAL Asimilación de maltosa, GNT Asimilación de gluconato, CAP Asimilación de caprato, ADI Asimilación de adipato, MLT Asimilación de malato, PAC Asimilación de fenil acetato.

Se ha reportado que las raíces, no sólo reciben estímulos de su medio, sino que pueden dictar su ambiente biótico vía sus células del borde (Hochholdinger *et al.*, 2004). Se detectó en el Cuadro 2, que la población bacteriana asociada a maíz criollo rojo, es la que mostró mayor variabilidad en los carbohidratos utilizados ya que supera en porcentaje a el resto de maíces y suelo control siendo el de mayor requerimiento en manitol, inositol, sorbitol, ramnosa, melibiosa, amigdalina, arabinosa, maltosa y citrato. Teocintle presenta mayor necesidad en la asimilación de carbohidratos como: glucosa (36%), y gluconato (95%). Se ha reportado que arabinosa y xylosa han sido caracterizadas de origen de planta derivadas de polisacáridos y material estructural, en contraste hexosas como galactosa, manosa, rhamnosa y fucosa son el componente principal de carbohidratos de origen microbiano. Aunque fucosa, ha sido considerado como un importante constituyente del mucílago de maíz. Algunos estudios, han sugerido que algunos de los componentes principales del mucílago de maíz son fucosa, arabinosa, xylosa, manosa, galactosa y glucosa. Los ácidos grasos caprato (86% y 75%) y adipato

(51% y 36%), son utilizados preferentemente por la población bacteriana asociada a maíz criollo negro seguido de maíz silvestre teocintle y maíz criollo rojo, lo cual indica la presencia de componente semejantes en la rizósfera de maíz negro y teocintle.

Se detectaron 25 géneros bacterianos asociados a maíz, aunque existen reportes que demuestran la asociación con 31 géneros bacterianos endófitos (McInroy y Kloepper, 1995). Los géneros más abundantemente detectados, se muestran en la Figura 1a y Figura 1b, dónde puede notarse un promedio de 12 géneros por variedad. Siendo más abundante en el suelo control con 14 géneros bacterianos asociados, seguido de criollo rojo y criollo negro ambos con 13 géneros detectados, criollo amarillo con 12 y el híbrido QPM con 10 siendo teocintle el que mostró la presencia del menor número de géneros bacterianos asociados ya que solo se detectó la presencia de 9 géneros.

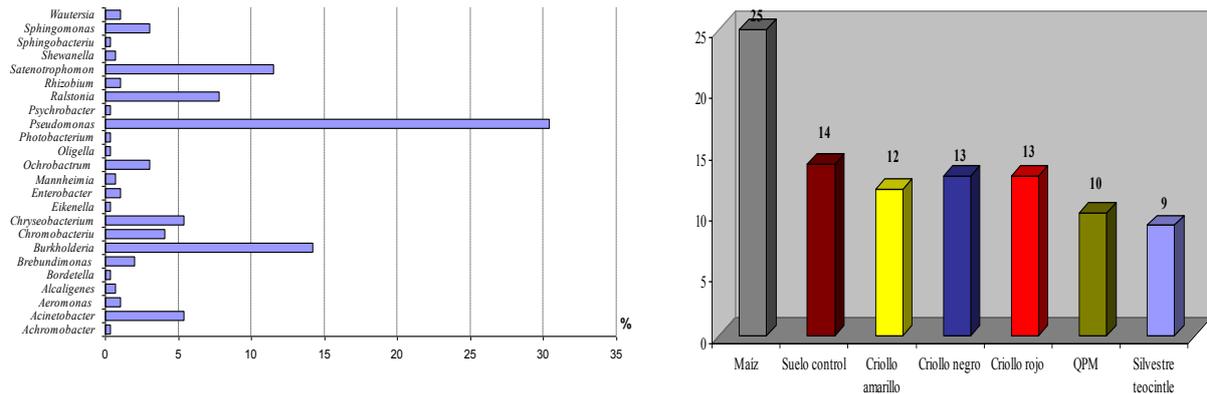


Figura 1. Bacterias asociadas a maíz. a) Frecuencia de géneros y b) Diferencias por variedad de maíz.

Los doce géneros bacterianos: *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Brebundimonas*, *Burkholderia*, *Chromobacterium*, *Chryseobacterium*, *Enterobacter*, *Ochrobactrum*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Rhizobium*, *Stenotrophomonas*, *Sphingomonas* y *Wautercia* probablemente tengan mayor significado ecológico en asociación con el cultivo, ya que se encontró más de un aislado por variedad de maíz. Siendo predominantes *Pseudomonas*, seguido de *Burkholderia* y *Stenotrophomonas*, lo cual se observa en la Figura 1b. Lo anterior coincide con reportes dónde el género *Pseudomonas* y *Burkholderia* fueron de los más frecuentes, aunque se menciona al género *Enterobacter*, en variedades distintas (Pereira *et al.*, 2011). Cada variedad de maíz mostró diferente especie bacteriana asociada, lo anterior sugiere que el genotipo de la planta y su edad influyen marcadamente en el perfil de las bacterias asociadas como lo reportado previamente (Pereira *et al.*, 2011). Los ordenes bacterianos encontrados en maíz han sido variados como: Actinomycetales, Burkholderiales, Clostridiales, Rizobiales, Rubrobacteriales y Xanthomonadales (Da Mota *et al.*, 2008) y se han identificado diferentes géneros bacterianos asociados a maíz, dentro de ellos 36 bacterias solubilizadoras de fosfatos aisladas de diferentes regiones de México (Espinosa-Victoria *et al.*, 2009) y diversos géneros endófitos (McInroy y Kloepper, 1995; Rosenblueth y Martínez-Romero, 2006).

Conclusión

Las diferencias en las variedades de maíz influyen en la composición bacteriana y actividad fisiológica presente en la rizósfera como un mecanismo de selección ambiental.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP-BUAP) por el financiamiento de la presente investigación mediante el proyecto: "Influencia del Ambiente rizosférico en la diversidad de las bacterias asociadas a maíz".

Literatura citada

- Da Mota F. F., A. E. Gómez, E. I. Marriel, E. Paiva y L. Seldin. 2008. Bacterial and fungal communities in bulk soil and rhizospheres of Aluminium-Tolerant and Aluminium-Sensitive Maize (*Zea mays* L.) Lines cultivated in Unlimed and limed Cerrado Soil. *Journal of Microbiology and Biotechnology*. 18:805-814
- Espinosa-Victoria D., L. López-Reyes y A. De la Cruz-Benitez. 2009. Use of 16 rRNA gene for characterization of phosphate-solubilizing bacteria associated with corn. *Rev. Fitotec. Mex.* 32:31-37.
- Gomes N.C.M., H. Heuer, J. Schönfeld, R. Costa, L. Mendonca y K. Smalla. 2001. Bacterial diversity of the rhizosphere of maize (*Zea mays*) grown in tropical soil studied by temperature gradient gel electrophoresis. *Plant Soil*. 232:167-180.
- Hochholdinger F., K. Woll, M. Sauer y D. Dembinsky. 2004. Genetic dissection of root formation in maize (*Zea mays*) reveals root-type specific developmental programmes. *Annals of Botany*. 93:359-368.
- Knee E. M., F. Gong, M. Gao, M. Teplitski. A. Jones, A. Foxworth y A. J. Mort y W. D. Bauer. 2001. Root mucilage from Pea and its utilization by rhizosphere bacteria as a sole carbon source. *MPMI*. 14:775-784.
- Li K., Ch. Xu, Z. Li, K. Zhang, A. Yang y J. Zhang 2008. Comparative proteome analyses of phosphorus responses in maize (*Zea mays* L.) roots of wild-type and low-P-tolerant mutant reveal root characteristics associated with phosphorus efficiency. *The plant Journal* 55:927-939.
- Long L., S. Li, J. Sun, L. Zhou, X. Bao, H. Zhang y F. Zhang. 2007. Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus-deficient soils. *PNAS*. 104:11192-11196.
- Loredo-Osti C., L. López-Reyes y D. Espinosa-Victoria. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana*. 22: 25-239.
- Martínez-Romero, E. y J. Caballero-Mellado, (1996). *Rhizobium Phylogenies and Bacterial Genetic Diversity*. *Crit. Rev. Plant Sci.* 15(2):113-140
- McInroy J. A. y J. W. Kloepper. 1995. Survey of indigenous bacterial endophytes from cotton and sweet corn. *Plant and Soil* 173:337-342.
- Nehl D. B., S. J. Allen y J. F. Brown. 1997. Deleterious rhizosphere bacteria: an integrating perspective. *Appl Soil Ecology* 5:1.
- Paterniani, E. 1990. Maize breeding in the tropics. *Crit. Rev. Plant Sci.* 9:125-154.
- Peña-Valdivia C., C. Trejo, J. Galicia y Sánchez-Urdaneta. 2007. Reaction of quality protein maize to substrate water potential: germination and initial root growth. *Rev. Fav. Agron.* 24:236-331.
- Pereira P., F. Ibañez, M. Rosenblueth, M. Etcheverry y E. Martínez-Romero. 2011. Analysis of the Bacterial diversity Associated with the roots of maize (*Zea mays* L.) through culture-dependent and culture-independent methods. *ISRN Ecology*. 10p
- Pohl, M. E. D., D. R. Piperno, K. O. Pope y J. G. Jones. 2007. Microfossil evidence for pre-Columbian maize dispersals in the neo-tropics from San Andrés, Tabasco, Mexico. *PNAS* 104 (16): 6870-6875.
- Rosenblueth, M. y E. Martínez-Romero, 2006. *Rhizobium etli* maize populations and their competitiveness for root colonization. *Arch. Microbiol.* 181:337-344.
- Torney F., B. Frame y K. Wang 2007. Maize. *Biotechnology in agriculture and forestry*. 59: 73-105

SOLUBILIZACION DE FOSFATOS Y PRODUCCIÓN DE AUXINAS EN BACTERIAS DEL SUELO

Carcaño-Montiel, Moisés Graciano¹, López-Reyes Lucía, López-Hernández Alexis, Chena-González Liliana, Jiménez-Salgado Teresita y Tapia-Hernández Armando.

Laboratorio de Microbiología de Suelos, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. E-mail:mgcarca@yahoo.com.mx

Resumen

El fósforo (P) es un macronutriente que existe en la naturaleza en forma orgánica e inorgánica, esencial para el crecimiento de las plantas. Su disponibilidad se encuentra influenciada principalmente por factores físicos, químicos y biológicos en el suelo. En cultivos agrícolas, el fósforo es aplicado en forma de fertilizantes, de los cuales solo se aprovecha un 20%, el resto sufre procesos de fijación con los iones Al, Fe, Ca y Mg en dependencia del pH del suelos formando compuestos insolubles, que hace que no este disponible para las plantas. Los microorganismos solubilizadores de fosfatos desempeñan un papel fundamental en cuanto a la disponibilidad de este elemento. Por lo que, el objetivo fue seleccionar bacterias con capacidad de solubilizar diferentes fuentes de fosfatos y detectar sustancias reguladoras del crecimiento vegetal mediante diferentes ensayos. Primeramente, se determinó la solubilización de fosfato tricálcico en medio gelificado, mostrando índices de solubilización entre 3.6 a 5.7. Posteriormente, se determinó la capacidad de producir sustancias promotoras de crecimiento vegetal, por medio de la determinación cuantitativa de ácido indol -3-acético e índoles relacionados con el reactivo de Salkowski por espectrofotometría a 535 nm, detectando valores de 1.32 a 8.83 $\mu\text{g mL}^{-1}$ con diferencias entre las bacterias ensayadas. Finalmente, se les determinó su capacidad fosfosolubilizadora en medio líquido adicionando por separado: fosfato tricálcico $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, fosfato de aluminio (AlPO_4), fosfato férrico (FePO_4) y roca fosfórica, mostrando que las bacterias ensayadas, solubilizan las diferentes fuentes fosfatadas en diferentes concentraciones.

Palabras clave: fósforo, fitohormonas y microorganismos.

Abstract

The phosphorus (P) is a macronutrient that exists in the nature in organic and inorganic forms, is essential for the growth of the plants. Their availability is influenced mainly by physical, chemical and biological factors in the soil. In cultivated soils the phosphorus is applied in form of fertilizers, the uptake 20%, the rest reaction in the soil with the ions Al, Fe, Ca and Mg in dependence of the pH of the soil forming compound insoluble that makes that not this available for the plants. The solubilizing of phosphates microorganisms, play a important component as the availability of this element. The objective was select bacteria with capacity of solubilizing different sources of phosphates and detect plants growth regulators substances by different assays. First was determined the solubilization of tricalcium phosphate in plate assay, showing index of solubilization among 3.6 to 5.7. Then, was determined the capacity of producing plant growth regulators substances by the quantitative determination of indol -3-acetic acid and related substances with the Salkowski reagent for spectrophotometer to 535 nm, detecting values between 1.32 to 8.83 $\mu\text{g mL}^{-1}$ with differences among the assays bacteria. Finally, were determined the phosphorus solubilizing capacity in liquid medium adding for separate: tricalcium phosphate $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, aluminum phosphate (AlPO_4), ferric phosphate (FePO_4) and phosphoric rock, showing that the solubilizing bacteria used different sources the phosphates in different concentrations.

Key Words: microorganisms, phosphorus, phytohormones.

Introducción

El fósforo es un macronutriente que existe en la naturaleza en forma orgánica e inorgánica, es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas en todas sus etapas fisiológicas, favoreciendo el potencial genético y formando la base de gran número de compuestos, de los cuales los más importantes son los fosfatos. Estos desempeñan un primordial papel en los procesos de transferencia de energía, y el metabolismo celular; sin embargo, el fósforo soluble es un nutriente limitado para la

producción de biomasa en un ecosistema natural, (Hameeda *et al.*, 2006). Las plantas absorben el fósforo en forma inorgánica en estado soluble. Pero cuando se introduce al suelo, más del 90% de este pasa a formas insolubles no disponibles. De esta manera, gran parte de los fertilizantes fosfatados que se aplican, no son utilizados por las plantas, sino que se almacenan en el suelo en complejos insolubles (Fernández *et al.*, 2005). Una insuficiencia del fósforo puede influir en el retraso de la cosecha, la madurez y el desarrollo de las plantas disminuyendo el rendimiento de la misma; por esta razón los microorganismos solubilizadores de fosfatos o fosfosolubilizadores desempeñan un papel fundamental en cuanto a la movilización de este elemento; y gracias a eso han despertado la atención para su utilización como inoculante comercial, como una forma de promover una mejor utilización del fósforo existente en el suelo o el adición como fertilizante pues presentan ventajas frente a estos últimos, colaborando con la preservación del ambiente porque no implican sustancias tóxicas que afecten el sistema, generando de esta manera una agricultura sostenible y además hacen parte de la flora nativa en suelos y materia orgánica. Dentro de los métodos alternativos para incrementar la disponibilidad de fósforo se encuentran los métodos microbianos (Kpombrekov y Tabatabai, 1994). Varios microorganismos que forman parte del suelo pueden solubilizar el fósforo precipitado, orgánico e inorgánico (Chabot *et al.*, 1996). Estos comprenden una fuente importante de transformación del fósforo así como también las raíces de las plantas, esto por varios mecanismos como la producción de ácidos orgánicos o de H^+ o iones HCO_3^- (Jones, 1998). Algunas especies bacterianas tienen la capacidad de solubilizar compuestos insolubles de fosfatos inorgánicos como el tricálcico, el dicálcico, la hidroxiapatita y las rocas fosfatadas a través de la producción de ácidos orgánicos o enzimas fosfatasas. Entre los géneros bacterianos con esta capacidad se conocen: *Pseudomonas*, *Serratia*, *Enterobacter*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Flavobacterium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Sclerotium* y *Penicillium*, entre otros (Salas-Moras, 2000). La mayoría de estos géneros tienen la capacidad de estimular el crecimiento de las plantas a través de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal conocidas como auxinas, un ejemplo de ello lo es el ácido indol 3-acético (AIA) cuya estructura química fundamental son los indoles (Carcaño-Montiel *et al.*, 2006). El ácido indol 3-acético es una auxina natural presente en la mayoría de las plantas, las auxinas son hormonas vegetales que regulan diversos procesos del desarrollo vegetal, por lo que su aplicación en agricultura es muy frecuente. Frente a la actual utilización de auxinas obtenidas por síntesis química, la síntesis microbiológica de estas sustancias resulta de gran importancia ya que la aplicación de preparaciones biológicas con bacterias que producen auxinas, pueden constituir una alternativa viable en el contexto de una agricultura ecológica. Por lo que, el objetivo del trabajo, fue seleccionar diferentes géneros bacterianos mediante pruebas de solubilización de fosfatos y producción de reguladores del crecimiento *in vitro*.

Materiales y Métodos

Selección de bacterias

Se utilizaron 10 cepas bacterianas solubilizadoras de fosfatos (Cuadro 1) de la colección del Laboratorio de Microbiología de Suelos del Instituto de Ciencias de la BUAP. Los géneros utilizados fueron: *Aeromonas*, *Chromobacterium*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Ralstonia*, *Acinetobacter*, *Rahnella* y *Burkholderia*. Para verificar la pureza de las cepas, las cepas solubilizadoras de fosfatos se sembraron en medio de cultivo Goldstein con fosfato monocálcico, las cuales fueron incubadas por un periodo de 72 horas a 30°C.

Evaluación de los halos de solubilización

Para la determinación de halos de solubilización, se tomaron colonias puras de cada una de las cepas bacterianas, se inocularon a tubos de ensayo con caldo nutritivo estéril, se incubaron en agitación a 150 rpm a 30°C por un periodo de 24 horas. Después se igualó la población con el nefelómetro de McFarland equivalente a una población de 10^8 UFC mL^{-1} . Cuando las poblaciones estuvieron igualadas, se tomaron 20 μL y se sembraron por triplicado en placas de Petri con medio de cultivo Goldstein dejándose incubar por un periodo de 72 horas a 30 °C, después se evaluaron los halos de solubilización de fosfatos, midiendo el tamaño del halo y de la colonia obteniendo una relación halo/colonia (Kumar y Narula, 1999).

Solubilización *In vitro* de diferentes fuentes de fosfatos

A las cepas bacterianas se les determinó su capacidad fosfosolubilizadora en medio líquido (Goldstein, 1986). Para lo cual se prepararon caldos de cultivo de medio Goldstein compuesto de glucosa, asparagina, $MgSO_4$, K_2SO_4 y extracto de levadura ajustando el pH a 7.0, y adicionando por separado: fosfato tricálcico [$Ca_3(PO_4)_2$], fosfato de aluminio ($AlPO_4$), fosfato férrico ($FePO_4$) y roca fosfórica. En matraces Erlenmeyer de 125 mL se colocaron por separado 25 mL de los medios con las diferentes fuentes de fosfatos, inoculando 3 matraces con 1.0 mL de un precultivo de las bacterias ajustado a 10^8 UFC mL^{-1} y usando como control medio de cultivo sin inocular. Los matraces se colocaron en agitación continua a 200 rpm durante 96 horas a 30 °C., pasado el tiempo las muestras se retiraron del agitador y se centrifugaron a 5000 rpm durante 10 minutos y al sobrenadante se le determinó la concentración fósforo soluble por medio del reactivo de Backton a 535 nm (Okalebo *et al.*, 1993), los valores de absorbancia se llevaron a una curva de calibración para conocer la concentración. Los valores obtenidos se expresaron en $cMoles\ kg^{-1}$.

Cuantificación de ácido indol-3-acético (AIA) e indoles relacionados

Las bacterias solubilizadoras de fosfatos se propagaron en sus respectivos medios para la determinación de indoles por el método de Salkowski (Jain y Patriquin, 1985). Se usaron matraces de 125 mL de capacidad con 50 mL de medio de cultivo a base de sales minerales, ácido succínico, fructosa y triptófano (SFS). Se inoculó por separado 1.0 mL de cultivo bacteriano con 10^8 UFC mL^{-1} (unidades formadoras de colonias por mililitro) al medio SFS por triplicado. Los cultivos se incubaron a 30°C durante 96 horas en agitación a 220 rpm posteriormente los cultivos bacterianos se centrifugaron a 9500 g por 20 minutos a 4°C para separar el paquete celular del medio de cultivo, los extractos obtenidos se acidificaron a pH 2.5 con HCl al 5%. Posteriormente, el AIA e indoles relacionados fueron extraídos con acetato de etilo con tres lavados. El acetato fue evaporado a sequedad al vacío a 37 °C, y resuspendido el residuo con 1.0 mL de metanol. La determinación cuantitativa de AIA e indoles se realizó a través de la reacción colorimétrica con el reactivo de *Salkowski* en un espectrofotómetro Jenway modelo 6300 a 535 nm. Para conocer la concentración, los valores de absorbancia se interpolaron a una curva de calibración de ácido indol acético (Carcaño-Montiel *et al.*, 2006).

Resultados y Discusión

Al evaluar la solubilización de fosfato tricálcico ($Ca_3(PO_4)_2$) a través de la formación de halos de solubilización entre las diferentes bacterias (Cuadro 1), estas muestran índices de solubilización entre 3.6 a 5.7 donde las cepas con mayor solubilización fue *Rahnella aquatillis*, *Ralstonia picketti* y *Pseudomonas fluorescens* entre otras y la que mostró un halo menor fue *Serratia phymuthica* con diferencias estadísticas entre ellas. En la producción de AIA e indoles relacionados (Cuadro 1) los valores encontrados fueron de 1.32 a 8.83 $\mu g\ mL^{-1}$ con diferencias entre las bacterias, *Rahnella aquatillis* fue la bacterias más eficiente en este parámetro, mostrando que las cepas ensayadas tienen esta capacidad.

Para la cuantificación del contenido de AIA presente en los cultivos bacterianos, se utilizó el método colorimétrico descrito por Jain y Patriquin (1985), utilizando como estándar AIA grado analítico debido a la similitud estructural y funcional del compuesto con el AIA de origen bacteriano. La producción de auxinas es ampliamente distribuida entre muchos microorganismos de la rizósfera, muchos de estos microorganismos sintetizan sustancias reguladoras del crecimiento vegetal, dentro de ellas las auxinas. Desde que el AIA ha sido identificado como una de las sustancias activas producidas por el 88% de las bacterias aisladas, se ha sugerido que la producción de AIA y sus sustancias relacionadas son las responsables de las asociaciones benéficas bacteria-planta (Acosta *et al.*, 2000). Las auxinas cuya estructura química es la del ácido indolil-3-acético, comúnmente llamado ácido indol acético, son pequeñas moléculas químicas que tienen influencia en el desarrollo y crecimiento de las plantas a muy bajas concentraciones, cuyo efecto en las plantas a nivel celular es el alargamiento o elongación de las células en raíz y tallo, además influye de forma decisiva en procesos como la división de celular del cambium, la diferenciación vascular, la formación de raíces adventicias, la dominancia apical y el desarrollo de frutos (Frankenberger y Arshad, 1995). La síntesis microbiológica de las auxinas puede constituir una forma viable en el contexto de una agricultura

ecología y sustentable ya que la aplicación de bacterias al suelo en forma de inoculantes con esta característica puede reducir el impacto medioambiental donde se ha comprobado que su aplicación produce un aumento en los rendimientos y la calidad de las cosechas (Frankenberger y Arshad, 1995).

Cuadro 1. Bacterias solubilizadoras de fosfatos formadoras de halos de solubilización de fosfato tricalcico y producción de ácido indol acético.

Bacteria	Índice de solubilización	AIA ($\mu\text{g mL}^{-1}$)
<i>Aeromonas caviae</i>	4.1 \pm 0.23 cdef	2.00 \pm 0.78 b
<i>Chromobacterium violaceum</i>	4.5 \pm 0 bcde	1.90 \pm 0.75 b
<i>Serratia plymuthica</i>	3.6 \pm 0.28 f	3.78 \pm 2.38 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 1	5.0 \pm 0 abc	1.89 \pm 1.12 b
<i>Ralstonia picketti</i>	5.2 \pm 0 ab	2.00 \pm 0.42 b
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	4.9 \pm 0.16 abcd	3.86 \pm 2.50 b
<i>Rahnella aquatillis</i>	5.7 \pm 0.23 a	8.83 \pm 3.39 a
<i>Burkholderia cepacia</i>	3.9 \pm 0.09 ef	1.36 \pm 0.38 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 2	4.1 \pm 0 def	3.62 \pm 0.63 b
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (P46)	4.0 \pm 0 ef	1.32 \pm 0.55 b

AIA=Acido indol 3-acético, Letras iguales dentro de la columna no existen diferencias significativas a P= 0.05

Al determinar la capacidad fosfosolubilizadora de las cepas bacterianas en medio liquido (Cuadro 2), con $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ se encontraron valores de 37.02 a 354.9 cMoles kg^{-1} de P siendo *R. picketti*, *A. calcoaceticus* y *Pseudomonas fluorescens* P46 las bacterias mas eficientes, con AlPO_4 la solubilización de P fue 0.43 a 28.81 cMoles kg^{-1} de P donde *Pseudomonas fluorescens* P46 con junto con *Burkholderia cepacia* y *Pseudomonas fluorescens* 2, muestran esta actividad, notando que la solubilización de este compuesto es baja comparado con fosfato tricálcico, utilizando FePO_4 se muestran valores de solubilización de 0.96 a 162.51 cMoles kg^{-1} de P siendo *A. calcoaceticus*, *S. plymuthica*, *R. picketti*, entre otras, las que presentan esta característica, además se muestra que la solubilización de este compuesto por *R. aquatillis* es baja y con roca fosfórica *A. caviae*, *B. cepacia* y *P. fluorescens* muestran valores de 166.2, 124.5, 115.9 cMoles kg^{-1} de P respectivamente, con diferencias significativas entre las bacterias estudiadas.

Cuadro 2. Bacterias del suelo solubilizadoras de diferentes fuentes de fosfatos.

Bacteria	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	AlPO_4	FePO_4	Roca fosfórica
	(cmol kg^{-1})			
<i>Aeromonas caviae</i>	59.9 \pm 6.9 cd	8.95 \pm 2.0 cd	149.0 \pm 7.9 a	166.2 \pm 1.7 a
<i>Chromobacterium violaceum</i>	37.0 \pm 22.3 d	12.8 \pm 1.4 c	144.2 \pm 26 a	79.8 \pm 7.7 b
<i>Serratia plymuthica</i>	129.7 \pm 10.9 bcd	2.6 \pm 0.4 e	180.7 \pm 2.4 a	50.3 \pm 20.8 bc
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 1	159.0 \pm 68.5 bcd	0.43 \pm 0.1 e	63.1 \pm 8.3 ab	68.6 \pm 1.3 bc
<i>Ralstonia picketti</i>	354.9 \pm 5.6 a	2.25 \pm 0.5 e	152.8 \pm 2.7 a	42.0 \pm 3.2 cd
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	260.1 \pm 11.8 ab	4.16 \pm 1.6 de	162.5 \pm 4.7 a	42.7 \pm 0.6 cd
<i>Rahnella aquatillis</i>	100.6 \pm 10.9 bcd	3.14 \pm 0.2 b	0.96 \pm 0.8 b	43.3 \pm 2.4 cd
<i>Burkholderia cepacia</i>	92.5 \pm 5.5 bcd	21.5 \pm 3.0 b	83.8 \pm 5.7 ab	124.5 \pm 6.9 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i> 2	110.0 \pm 9.4 bcd	20.5 \pm 1.6 b	114.2 \pm 8.88 a	115.9 \pm 6.7 a
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (P46)	235.2 \pm 46.9 abc	28.8 \pm 0.5 a	22.1 \pm 2.2 b	15.6 \pm 2.1 de

Letras iguales dentro de la columna no existen diferencias significativas a P= 0.05

Al evaluar la solubilización de fosfatos en medio gelificado con $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ y medio liquido, se observaron diferencias entre las cepas bacterianas (Cuadro 1 y 2). Esta capacidad fosfosolubilizadora se realiza por diferentes estrategias por parte de la bacteria y depende de la fuente de P que esté disponible. Cabe mencionar que algunos autores han reportado resultados contradictorios entre el procedimiento de detección del índice de solubilización a través de la formación del halo en cajas Petri y la solubilización de fosfatos en medios líquidos, ya que algunos de los cultivados en placas de Petri, no producen halos lo suficientemente grandes pero si solubilizan varias fuentes de fosfato inorgánico en medio liquido (Gupta *et al.*, 1994). También se puede observar que bacterias identificadas dentro del mismo género y especie presentan diferencias significativas en la solubilización de los diferentes fuentes de fosfatos, como es el caso de las dos cepas de *Pseudomonas*

fluorescens. Lo que nos indica que independientemente del nivel de aislamiento y del tipo de suelo del que provienen las bacterias, estas tienen actividades metabólicas diferentes, lo que se refleja en la capacidad de solubilizar los diferentes tipos de fosfatos (Sorensen, 1997). Uno de los mecanismos por medio del cual las bacterias realizan la fosfosolubilización es la excreción de enzimas fosfatasa tanto ácidas como alcalinas (Marschner, 2008), así como también la producción de ácidos orgánicos, dentro de ellos podemos mencionar los ácidos cítrico, acético, fumárico, málico, oxálico y succínico, entre otros (Zhang y Mac Kenzie, 1997). En algunas especies de bacterias se ha registrado incluso la producción de auxinas, antibióticos y sideróforos, metabolitos que favorecen el desarrollo de los cultivos (Vassilev *et al.*, 2006). Como es el caso de las bacterias estudiadas, donde presentan además de la fosfosolubilización la producción de auxinas, estos resultados las coloca con uso potencial biotecnológico y pueden presentar ventajas sobre los fertilizantes químicos, pues colaboran con la preservación del ambiente, generando de esta manera una agricultura sostenible.

Conclusiones

Las bacterias seleccionadas mostraron la solubilización de diferentes fuentes de fosfatos y producción de AIA, lo que las coloca con uso potencial en la agricultura como biofertilizantes.

Literatura Citada

- Acosta Echeverría, M., J. Sánchez Bravo y M. Bañón Arnao. 2000. Auxinas. pp 305-323. In: Azcón-Bieto, J. y M. Talon (ed.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana, Madrid, España.
- Castillo, C. B. Altuna, G. Michelena, J. Sánchez-Bravo y M. Acosta. 2005. Cuantificación del contenido de ácido indolacético (AIA) en un caldo de fermentación microbiana. *Anales de Biología*. 27: 137-142.
- Carcaño-Montiel M. G., R. Ferrera-Cerrato, J. Pérez-Moreno, J. D. Molina-Galán y Y. Bashan. 2006. Actividad nitrogenasa, producción de fitohormonas, sideróforos y antibiosis en cepas de *Azospirillum* y *Klebsiella* aisladas de maíz y teocintle. *Terra Latinoamericana* 24: 493-502.
- Chabot, R., H. Antoun y M.P. Cescas. 1996. Growth promotion maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum*. *Plant and soil* 184:311-321.
- Fernández, L., Zalba, P., Gómez, M. 2005. Bacterias solubilizadoras de fosfatos inorgánico aisladas de suelos de la región sojera. *Ci. Suelo (Argentina)* 23(1):31-37
- Frankenberger, W. T. y M. Arshad, 1995. *Phytohormones in soil: microbial production and function*. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. p503.
- Gupta, R., R. Singal, A. Shankar, R. C. Kuhad y R.K. Saxena. 1994. A modified plate assay for screening phosphate solubilizing microorganisms. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 40: 255-260.
- Goldstein, A.H. 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates: historical perspective and future prospects. *Am. Altern. Agric.* 1 51-57.
- Hameeda, B., O. P. Rupela, G. Reddy y K. Satyavani. 2006. Application of plant growth promoting bacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of Peral Mollet (*Pennisetum glaucum* L.). *Biol. Fertil. Soils*. 43:221-227.
- Okalebo, J.R., K.W. Gaathua y P.L. Woomer. 1993. *Laboratory methods of soil and plant analysis: A working manual*. Editado por: TSBF UNESCO-ROSTA, Kenia. 88p.
- Jain, D.K. y D.G. Patriquin, 1985. Characterization of a substance produced by *Azospirillum* which causes branching of root hairs. *Can. J. Microbiol.* 31:206-210.
- Jones, D.L. 1998. Organic acids in the rhizosphere a critical review. *Plant and Soil* 205:138-144.
- Kpombrekov, K.A. y M.A. Tabatabai 1994. Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. *Soil Sci.* 158(6):44-453.
- Kumar, V. y N. Narula. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. *Biol. Fertil. Soils* 28:301-305.
- Marschner, P. 2008. The role of rhizosphere microorganisms in relation to P uptake by plants. pp165-176. In: White, P.J. y J.P. Hammond (ed.). *The ecophysiology of plant-phosphorus interactions*. Springer. Países Bajos.
- Sorensen, J. 1997. The rhizosphere as a habitat for soil microorganisms. In: *Modern soil microbiology*. Elsas, J. D. V., J.T. Trevos y E.M.H. Wellington (ed.) New York. p683.
- Vassilev, N., M. Vassileva y I. Nikolaeva. 2006. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: potentials and future trends. *Applied Microbiology and Biotechnology* 71:137-144.
- Zhang, T. Q. y A. F. Mac Kenzie, 1997. Changes of phosphorus fractions under continuous corn production in a temperate clay soil. *Plant and Soil*. 192(1):133-139.

AISLAMIENTO DE BACTERIAS ASOCIADAS A LIRIO ACUÁTICO (*EICHHORNIA CRASSIPES*) DE LA PRESA MANUEL AVILA CAMACHO, PUEBLA

Urbina Flores Diana¹, Sánchez Blanco Ricardo¹, López Reyes Lucia¹, González Álvarez Carmen M², Bonilla Meza Sara³, Mauricio Gutiérrez Amparo¹, Tapia Hernández Armando, Jiménez Salgado Teresita¹.

¹Lab. de Microbiología del suelo CICM-Instituto de Ciencias. Edif 103 J CU Puebla Pue, ² Fac. de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, ³ Secretaria de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial del Edo de Puebla

E-mail: terjimensal@yahoo.com.mx

Resumen

Eichhornia crassipes es una planta fitoacumuladora de metales pesados y crece naturalmente en la presa Manuel Ávila Camacho, del municipio de Puebla. Es un cuerpo de agua artificial que aprovecha los escurrimientos de los ríos Atoyac, Zahuapan y Alseseca. El agua de esta presa se emplea para abastecer el riego de los cultivos de la región. Las constantes descargas de aguas residuales provenientes de aguas municipales e industriales han contribuido a procesos de eutrofización, por consiguiente contiene altas concentraciones de desechos orgánicos y compuestos tóxicos (metales pesados principalmente). El objetivo del presente trabajo fue aislar e identificar bacterias eutróficas y fijadoras de nitrógeno del género *Azospirillum* asociadas a *E. crassipes*. Se realizó un muestreo aleatorio durante el verano en cinco sitios: —Panga”, —Alseseca”, —San Cruz Ixtla”, —El Puente” Sn. Baltasar Tetela y —Buena Vista Tetela” Para el aislamiento se emplearon los medios agar cuenta estándar, NFb, y Rojo Congo. Los aislados fueron identificados mediante API 20NE, y las bacterias fijadoras de nitrógeno fueron detectadas por la técnica de reducción de acetileno (ARA). Se identificaron tres especies bacterianas: *Sphingomonas paucimobilis* en tallo con una población de 1.7×10^7 UFC g⁻¹, *Pseudomonas luteola* en raíz desinfectada (1.1×10^7 UFC g⁻¹), *Pseudomonas fluorescens* en hoja con una población de 2.8×10^8 UFC g⁻¹ y *Aeromonas hydrophilia* en rizoplaneo con una población de 3.0×10^7 UFC g⁻¹. Además, las poblaciones de *Azospirillum* spp. fueron alrededor 10^5 UFC g⁻¹ en rizósfera, y 10^2 UFC g⁻¹ en el interior de la planta. Las cepas aisladas podrían estar participando en procesos con alguna aplicación biotecnológica para un sistema de biorremediación.

Palabras clave: *Eichhornia crassipes*, *Azospirillum* y metales pesados.

Abstract

Eichhornia crassipes is a phytoaccumulator plant of heavy metals and grows in —Manuel Ávila Camacho”, an artificial pond that serves as a receptor of runoff from rivers Atoyac, Alseseca and Zahuapan. Water pond is used to irrigate crops in the region. The constants wastewater discharges (municipal and industrial wastewater) have contributed to eutrophication processes, this pond contains high concentrations of organic waste and toxic compounds (heavy metals mainly). Therefore, the objective of the present study was to isolate and to identify eutrophic bacterial strains and nitrogen fixing bacteria of the genus *Azospirillum* present in *E. crassipes*. During the summer the samples were collected random from five sites: —Panga”, —Alseseca”, —San Cruz Ixtla”, —El Puente” Sn. Baltasar Tetela and —Buena Vista Tetela”. For the isolation and characterization of strains, standard count agar, NFb and Congo red were used. Isolates were identified by API 20NE, and nitrogen fixing bacteria by acetylene reduction activity (ARA). Strains obtained corresponded to three genera; *Sphingomonas paucimobilis* present in stem with population of 1.7×10^7 CFU/g, *Pseudomonas luteola* in disinfected root (1.1×10^7 CFU/g), *Pseudomonas fluorescens* in sheet (2.8×10^8 CFU/g) and *Aeromonas hydrophilia* in rhizoplane (3.0×10^7 CFU/g). Analysis of rhizosphere samples indicated *Azospirillum* spp. population of 10^5 CFU/g, and 10^2 CFU/g inside the plant. The strains could be involved for any biotechnological application as candidates in bioremediation process.

Key Words: *Eichhornia crassipes*, *Azospirillum* and heavy metals.

Introducción

El embalse de —Valquillo” o Presa Manuel Ávila Camacho, fue construida entre 1941 y 1946 para aprovechar los escurrimientos de los ríos Atoyac, Zahuapan y Alseseca (Gomez 2004), ubicada dentro de la cuenca del río Balsas en la región Hidrológica No. 18 a 22 km al sur de la Ciudad de Puebla, México. La obra se concibió como el benefactor de riego de más de 30 000 ha del distrito 30 A partir de la década de los 70’s se reportaron las primeras señales del incremento acelerado de la polución del lago; convirtiéndose en un reservorio de desechos orgánicos, colorantes y metales pesados, para la Cd. de Puebla y Estados vecinos que comparten el flujo de los ríos mencionados.

Las continuas descargas de agentes tóxicos han ocasionado que la presa se transforme en un depósito de agua de bajo contenido de oxígeno, ausencia de luz, y alta proliferación de lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) impidiendo el desarrollo de la actividad pesquera y turística. Por lo que los procesos de oxidación y evaporación de la laguna consiguen pérdidas significativas de agua (Cedeño Valdez *et al.*, 2005).

En 1996 diversas investigaciones reportaron que el 65 % de la presa estaba azolvada con sólidos sedimentales, y el 75 % del área estaba cubierta con *E. crassipes* saturado con metales pesados (Pb y Hg principalmente). *E. crassipes* al funcionar como biofiltro natural consume el oxígeno disuelto y los niveles de contaminación superaron en 2.5 veces a los permitidos por cualquier norma nacional e internacional. (López, 2007).

E. crassipes se ha caracterizado por su capacidad de acumular metales pesados como Cd, Pb, As, Hg, Zn y Cu. Por lo que se considera un organismo fitoacumulador de metales pesados en donde la mayor concentración se localiza en raíz y las hojas de la planta (Chimezie.J. 2001).

Sin embargo, en sistemas de tratamiento de agua los procesos biológicos que acontecen dependen de las condicionados físicas y químicas, producto de la actividad de los organismos presentes (Atlas y Bartha, 2002). Entre ellos, encontramos a los microorganismos que son responsables de la mayor parte del flujo de carbono (Alongi, 1988; Álvarez, 2005). Es común que las comunidades microbianas de ecosistemas tropicales ya sea acuáticos o terrestres sean altamente eficientes en el reciclaje de nutrimentos; y su restauración depende del bienestar de la comunidad microbiana bentónica y el ambiente geoquímico (Alongi, 1994).

Diversos estudios se han enfocado en la determinación de contaminantes acumulados en el entorno y en los tejidos de *E. crassipes*, siendo escasos los reportes de la microfauna asociada a esta planta a pesar de tener potencial biotecnológico. El estudio de la interacción de plantas acuáticas con microorganismos es de gran importancia, debido a que pueden estar participando en la inmovilización de metales pesados en el agua. Por lo que es importante determinar y cuantificar los microorganismos, ya que proporciona herramientas indispensables para conocer la calidad de la misma y tomar las medidas necesarias para el control de vertidos, tratamientos de agua y conservación de ecosistemas, y evitar el riesgo de contaminación en personas y el ambiente. (Campos, 1999). El objetivo del presente trabajó fue aislar e identificar bacterias eutróficas y fijadoras de nitrógeno del genero *Azospirillum* asociadas a *E. crassipes*, proveniente del embalse Manuel Ávila Camacho.

Materiales y Métodos

Se tomaron muestras de *Eichhornia crassipes* del embalse Manuel Avila Camacho de cinco sitios denominados: efluente —Inga” 18° 15’ 16.2’’ LN / 98° 10’ 16.8’’ LO, efluente —Alseseca” 18° 54’ 11.2’’ LN / 98° 10’ 8.6’’ LO, —St. Cruz Ixtla” 58° 53’ 34’’ LE / 20° 93’ 94’’ LN, —EPuente” Sn. Baltasar Tetela 58°35’55’’LE/ 20°93’95’’LN, y —BuenaVista Tetela” 58°65’38’’LE 20°88’96’’L (Figura. 1).

Las muestras de plantas fueron colectadas aleatoriamente por triplicado de los sitios seleccionados durante el verano, y transportadas inmediatamente a laboratorio bajo condiciones de esterilidad. Se realizó el análisis microbiológico para las diferentes estructuras del tejido vegetal: hoja (ho), tallo (ta), rizoplano (rp), raíz desinfectada (rd) y rizósfera (rz). Posteriormente, para el aislamiento se realizaron diluciones decimales seriadas hasta 10^{-7} en solución buffer de fosfatos 0.025 M; y fueron cultivadas bajo condiciones aerobias en placas con medios selectivos como agar cuenta estándar, NFb, y Rojo Congo a 30 °C durante 48 h. Para bacterias endófitas el tejido vegetal fue previamente lavado, desinfectado y triturado. El número de bacterias asociadas a *E. crassipes* fueron estimadas por triplicado como unidades formadoras de colonias por unidad de muestra (UFC g⁻¹). Las colonias

bacterianas con diferente morfología fueron purificadas y conservadas. La identificación de las cepas bacterianas se realizó mediante galerías API 20NE, utilizando colonias puras y jóvenes con un promedio de 24 h de incubación.

El aislamiento y cuantificación de bacterias del género *Azospirillum* se realizó por método del número mas probable, en viales de NFB semigelificado libre de nitrógeno por triplicado. A los viales que presentaron crecimiento característico se les determinó su actividad de reducción de acetileno (ARA) (Dobereiner, 1976) los viales con actividad mayor a $10 \text{ nm} \cdot \text{mL} \cdot \text{h}^{-1}$ y crecimiento característico fueron sembrados en medio de rojo Congo para su caracterización e identificación.



Figura. Puntos de muestreo 1 Sta. Cruz Ixtla $58^{\circ} 53' 34'' \text{ LE} / 20^{\circ} 93' 94'' \text{ LN}$, 2 “El Puente” Sn. Baltazar Tetela $58^{\circ} 35' 55'' \text{ LE} / 20^{\circ} 93' 95'' \text{ LN}$, 3 Buena Vista Tetela $58^{\circ} 65' 38'' \text{ LE} 20^{\circ} 88' 96'' \text{ L}$, 4 Panga $18^{\circ} 54' 10.15'' \text{ N} / 98^{\circ} 10.05' 0.5'' \text{ O}$, 5 Alseseca $18^{\circ} 54' 11.2'' \text{ LN} / 98^{\circ} 10' 8.6'' \text{ LO}$.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se muestra la población de las zonas muestreadas denominados Alseseca y Panga. Para la identificación de las colonias aisladas asociadas a *Eichornia crassipes*, se utilizó API 20NE, utilizando colonias puras y jóvenes con ± 24 hr de incubación. Se obtuvo la presencia de tres géneros. Siendo *Sphingomonas Paucimobilis* la más frecuente apareciendo en tallo con población de $1.7 \times 10^7 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ y *Pseudomonas Luteola* en raíz desinfectada con población de $1.1 \times 10^7 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ para el sitio Panga. En el sitio llamado Alseseca se encontró la presencia de *Pseudomonas Fluorescens* en hoja con una población de $2.8 \times 10^8 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$ y *Aeromonas Hydrophilia* en rizoplano con una población de $3.0 \times 10^7 \text{ UFC} \cdot \text{mL}^{-1}$. Yongliang Yan y colaboradores en 2008 reportaron que el genoma de *Pseudomonas stutzeri* contiene genes implicados en la utilización de amplias fuentes de carbono, fijación de nitrógeno, desnitrificación, degradación de compuestos aromáticos, biosíntesis de polihidroxibutirato, y múltiples vías de protección contra el estrés ambiental haciendo importante e interesante evaluar las especies de *Pseudomonas* encontradas y asociadas a plantas acuáticas como *Eichornia crassipes* en procesos de biorremediación y biotecnológicos.

Se obtuvieron aislados bacterianos con diferentes características morfológicas de los sitios Alseseca y Panga, encontrándose bacterias tipo gram positivas y negativas (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Caracterización morfológica y pruebas de catalasa/oxidasa para las cepas aisladas de *E. crassipes*. de los sitios: Alseseca y Panga.

Cepa bacteriana	Morfología	Tinción Gram	Oxidasa	Catalasa	Descripción de la colonia
PT5 ₁ <i>Sphingomonas paucimobilis</i>	Bacilos largos	Negativo	Positivo	Positivo	Cepa cremosa de forma irregular, concéntrica y un halo en forma de manteleta estriado.
AH6 <i>Pseudomonas fluorescens</i> .	Bacilococos	Negativo	Positivo	Positivo	Cepa cremosa semicircular, grande, con un halo transparente.
PT5 <i>Sphingomonas paucimobilis</i>	Bacilos	Negativo	Positivo	Positivo	Colonia blanca amorfa concéntrica, situadas en el centro estrías agrupadas, su periferia en forma de manteleta amarillenta.
ARL6 <i>Aeromonas hydrophilia</i>	Bacilos	Negativo	Positivo	Positivo	Colonia cremosa semicircular puntiforme punteada.
PTA52 <i>Sphingomonas paucimobilis</i>	Bacilos largos	Negativo	Positivo	Positivo	Colonia de forma irregular e centro cremoso y homogéneo.
PRD1 <i>Pseudomonas spp.</i>	Bacilos	Negativo	Negativo	Positivo	Colonia de forma irregular puntiforme.

Cuadro 2. Población bacteriana asociada a *E. crassipes*. de los sitios: Alseseca, Panga, Sta cruz Ixtla, "El puente" Sn Baltazar Tetela y San buena vista Tetela, Puebla, México.

Sitios de muestreo	Estructuras de <i>E. crassipes</i>				
	Rizósfera (rz).	Rizoplano (rp).	Raíz desinfectada (rd)	Tallo (ta)	Hoja (ho)
	UFC/g de tejido fresco				
Alseseca	1.8x10 ⁹	3.0x10 ⁷	2.4x10 ⁷	1.6x10 ⁷	2.8x10 ⁸
Panga	1.26x10 ⁷	1.33x10 ⁷	1.1x10 ⁷	1.7x10 ⁷	1.7x10 ⁶
Sta. Cruz Ixtla	1.1x10 ⁵	1.1x10 ²	3.8x10 ³	<1.0x10 ²	ND
"El puente" Sn. Baltazar Tetela.	<1.0x10 ²	<1.0x10 ²	<1.0x10 ²	ND	ND
Sn. Buena vista Tetela	<1.0x10 ²	<1.0x10 ²	<1.0x10 ²	ND	ND

El aislamiento se realizó en verano, en esta estación el crecimiento de lirio acuático es abundante, particularmente en los sitios donde se realizó el muestreo cuadro 3, se aislaron cepas pertenecientes al género *Azospirillum spp*, la mayor población 10⁵ UFC/gr de peso fresco se detectó en las raíces del lirio sin lavar, también se encontró en el interior de la planta aunque en menor población (10² UFC/de peso fresco).

En los sitios —Epunte" San Baltazar y San Buena Vista Tetela la población bacteriana en tallo y hoja no fue detectable y en Sta. Cruz Ixtla fue <1.0x10². Así como en el resto de las estructuras, la población disminuyó significativamente con respecto a los sitios de Alseseca y Panga (ver Cuadro 1 y 2).

Diversos estudios demuestran que el género *Azospirillum* en comparación con otros microorganismos diazotrofos poseen un potencial importante para desarrollo de cultivos, en los últimos años se ha reportado su capacidad para Bioremediación y fitoremediación.(Vázquez 2009; Pérez 2010)

Conclusiones

Se aislaron e identificaron cepas bacterianas asociadas a *Eichornia crassipes* pertenecientes a los géneros: *Sphingomonas*, *Pseudomonas* y *Aeromonas*, con diferentes capacidades metabólicas. Además, se identificaron cepas fijadoras de nitrógeno del género *Azospirillum*. Siendo el primer reporte sobre el hallazgo de este género en plantas de lirio acuático donde la presencia de metales se manifiesta en concentraciones importantes. Las cepas aisladas podrían estar participando en algún proceso oxido-reducción con alguna aplicación biotecnológica para un sistema de biorremediación, debido a las condiciones ambientales presentes en el embalse Manuel Avila Camacho.

Literatura Citada

- Alongi, D.M. 1988. Bacterial productivity and microbial biomass in tropical mangrove sediments. *Microb.Ecol.* 15:59-79.
- Atlas, R y Bartha, R. 2002. Ecología microbiana y microbiología ambiental. Pearson Educación. S.A. Madrid, España 677pp.
- Barbier E; Constanza R; Twilley R. 1991. Lineamientos para la evaluación de humedales tropicales. Turrialba, Costa Rica: CATIE. Proyecto Conservación para el Desarrollo Sostenible en América Central. 63 pp.- Informe Técnico.
- Burkholder J. (2001) Eutrophication and oligotrophication. En: ASHER S. (ed.) Encyclopedia of biodiversity. Academic Press. United States; pág. 649-670.
- Dobereiner, J. 1976 Physiological aspects of N₂-fixation by *Spirillum* from *Digitaria* roots. *Soil. Biol. Biochem*; vol. 8 p. 45-50
- Campos C. (1999) Indicadores de contaminación fecal en la reutilización de aguas residuales para riego agrícola. Tesis doctoral. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona, pág 250.
- Chimezie J. 2001, Biorremediation and Detoxification of synthetic wastewater containing triathilmetano dyes by *Aeromonas hydrophila* isolated from industrial effluent. *Biotechnology research international article id 967925*, 11 pp.
- Gómez B. A., Saldaña F. P., Martínez G. A., (2004) Valuación económica del impacto ambiental de las descargas de aguas residuales municipales. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, pág. 3.
- Lopez Vargas Varinia (2007) Valsequillo ¿Condenado a morir?; Revista Matria suplemento de la jornada de oriente No 3, pág 12.
- Mangas Ramirez Ernesto (2007) Muerte Anunciada Revista Matria suplemento del ajornada de oriente No 3, pág 14.
- Perez-Garcia, O., de-Bashan, L.E., 2010. Efficiency of growth and nutrient uptake from wastewater by heterotrophic, autotrophic, and mixotrophic cultivation of *Chlorella vulgaris* immobilized with *Azospirillum brasilense*. *J. of Phycology*.46:800-812
- Rappo, Rosalía Vázquez Susana E; (2007) Líneas estratégicas para construir una propuesta de desarrollo Sustentable en la región centro-oriente de la cd de Puebla; Revista de la Facultad de Economía BUAP NO 34, 19 pág.
- Vázquez Chávez Liz.A y col . 2009. Contribución a la fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos por plantas de maíz inoculadas con *Azospirillum* spp. Congreso Cs Ambientales.
- Yongilang Yan (2008) Nitrogen Fixation island and rizosphere competence traits in the genome of root-associated *Pseudomonas stutzeri* 1501. Pag 12-15.

DIVERSIDAD DE HONGOS MICORRIZICOS ARBUSCULARES ASOCIADOS A *Agave angustifolia* Haw. EN OAXACA, MÉXICO.

¹Robles-Martínez María de Lourdes, ²Hernández-Cuevas Laura, ³Rivera Becerril Facundo, ⁴Hernández-Carballar Santos, ⁵Robles Celerino

¹CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca y Universidad Autónoma Metropolitana U. Xochimilco, México, D.F. e-mail: **luluroblesmx@yahoo.com.mx**

²Laboratorio de Micorrizas. Centro de Investigaciones en Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Tlaxcala.

³Departamento El Hombre y su Ambiente. Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México D.F.

⁴Instituto de Estudios Ambientales. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez Oaxaca.

⁵Laboratorio de Suelos. CIIDIR-IPN-Unidad Oaxaca.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar la diversidad de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) asociados a *Agave angustifolia* Haw en Oaxaca, México. Bimestralmente se tomaron muestras compuestas de suelo rizosférico de *A. angustifolia* cultivada durante un año (lluvias y estiaje), en tres condiciones topográficas (montaña, lomerío y planicie) y en tres grupos de edad de la planta (0-2, 2-4 y > 4 años). Las esporas de los HMA se extrajeron con el procedimiento de tamizado en húmedo y decantación y centrifugación en solución de sacarosa. La cuantificación de esporas se realizó por observación en microscopio estereoscópico. La identificación de morfoespecies de HMA fue por descripción morfológica y determinación morfométrica de las esporas, con base en claves especializadas. Se identificaron 26 morfoespecies de HMA pertenecientes a 10 géneros y 7 familias, la mayor riqueza de especies de HMA reportadas hasta ahora para Oaxaca, cuatro de ellas son por primera vez reportadas para esta región. La familia Glomeraceae presentó el mayor número de morfoespecies, con un 42% del total, seguida de Acaulosporaceae con 31%. La morfoespecie *Funneliformis geosporum* (antes *Glomus geosporum*) fue la especie dominante. Los resultados de este trabajo señalan una alta riqueza y diversidad de HMA en la región de estudio en Oaxaca.

Palabras clave: especies de hongos micorrízicos arbusculares, maguey mezcalero

Abstract

The aim of the work was to estimate the Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) diversity associated to *Agave angustifolia* Haw. in Oaxaca, Mexico. Rhizospheric soil samples were taken bimonthly in *A. angustifolia* crops across one year (rainy and dry periods included) in three topographic situations (mountain, hills and plains) and in three plant age groups (0-2, 2.1-4 and >4 years). The AMF spores were extracted using the wet sieving and decanting procedure followed by centrifugation in sucrose solution. The counting of these spores was performed by observation in a stereomicroscope. The identification of AMF morphospecies required morphological description and morphometric measure of the spores, and subsequent use of specialized keys. Twenty six AMF morphospecies belonging to 10 genera and 7 families were identified, the greatest data reported for Oaxaca state. Four morphospecies are new records for Oaxaca. The Glomeraceae family was the best represented by number of morphospecies with 42%, followed by Acaulosporaceae with 31%. *Funneliformis geosporum* (previously *Glomus geosporum*) was the dominant morphospecies. The results of the work indicate a great richness and diversity in this region of Oaxaca state.

Key Words: Arbuscular Mycorrhizal Fungi species, mezcalero Agave

Introducción

El uso de especies del género *Agave* (magueyes) por integrantes de las etnias indígenas del actual estado de Oaxaca ha sido documentado desde hace más de 9,000 años (Gentry, 1982). En particular, el empleo generalizado de maguey —spadín” (*A. angustifolia*) para usos tan diversos como construcciones rurales (hojas, escapo floral o —qioote”), cuerdas (fibras foliares), artículos de uso doméstico (fibras foliares, espinas), alimentos para los hombres y sus animales y bebidas fermentadas (hojas, flores, tallo o —pñá”, —qioote”) y otros, llevó, a lo largo del tiempo, a su domesticación y al establecimiento de plantaciones en superficies que actualmente se cuentan, para el estado de Oaxaca, en varios miles de hectáreas. La casi totalidad de la biomasa cosechada del maguey —spadín” se

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

destina hoy en día a la elaboración de "mezcal", con una amplia preferencia de esta especie por parte de los productores de la bebida, la cual se explica por su alta productividad, precocidad y facilidad para la cosecha y el procesamiento. Ha sido reportada la asociación de *A. angustifolia* con hongos formadores de micorriza arbuscular (HMA) en Sonora (Armenta, 2001; Ochoa-Meza et al., 2009) y Oaxaca (Robles et al., 2006), pero no han sido realizado estudios de diversidad de estos organismos en esta especie vegetal. Tilman et al. (1996) establecen que la diversidad y la productividad están fuertemente ligadas en comunidades vegetales y, de manera extensiva, Naeem et al. (1994) sugieren que ésta puede ser una propiedad de las comunidades en general, y que esta relación se mantiene para los hongos micorrizógenos. Una comunidad micorrizógena más diversa debería ser más productiva, medida básicamente en términos de esporas y micelio, lo que se puede traducir en potenciales de micorrización incrementados, mayores tasas de colonización de raíces y respuestas de las plantas en su crecimiento (Kernaghan, 2005).

El objetivo del presente trabajo fue determinar la riqueza, abundancia e índices de diversidad de especies de HMA en simbiosis con *Agave angustifolia* Haw cultivado en Oaxaca, México.

Materiales y Métodos

El muestreo de suelo rizosférico se realizó en tres localidades del distrito de Tlacolula (Oaxaca, México): San Juan del Río (SJR), San Baltazar Guelavila (SBG) y Santiago Matatlán (SM). El diseño de muestreo incluyó dos variables; a) situación topográfica de los agrosistemas, con tres niveles correspondientes a cada una de las localidades: montaña (M), lomerío (L) y planicie (P); b) rangos de edad de las plantas, con tres niveles: 0.0-2.0 años (E1), 2.1-4.0 años (E2) y más de 4.1 años (E3). Los niveles de cada variable se combinaron y se replicaron tres veces, para resultar nueve parcelas muestreadas en cada localidad. Se recolectaron muestras a lo largo de un año completo, cubriendo las dos estaciones climatológicas, estación de lluvias (junio a noviembre) y estación de estiaje (diciembre a mayo), con tres campañas de muestreo en cada estación. El procedimiento de muestreo y acondicionamiento de las muestras se realizó siguiendo lo reportado por Bautista-Cruz et al., (2007). La extracción de esporas se realizó por tamizado en húmedo y decantación seguida de centrifugación en solución de sacarosa al 60% (Brundett, 1991). Se recuperaron las esporas bajo microscopio estereoscópico, separándolas de acuerdo a su tamaño y morfología. La identificación de morfoespecies de HMA se llevo a cabo de acuerdo a una descripción morfológica y determinación morfométrica de las esporas, utilizando esporas saludables e intactas, de acuerdo a su tamaño, coloración y la forma de la hifa sustentora. La identificación se hizo con base en las siguientes fuentes: Schenck and Perez (1988), <http://invam.caf.wvu.edu/>, Schüßler and Walker (2010), Schüßler and Walker (2011). Las esporas fueron observadas con un microscopio con contraste de interferencia de Nomarski (Zeiss modelo Axioscop 2 Plus) con cámara digital Infinity 1 y software de digitalización de imágenes Infinity Capture Applications v4.2.0. Las medidas de diversidad usadas para describir la comunidad de HMA fueron: abundancia de esporas (E), riqueza de especies (S), abundancia relativa (A), diversidad máxima (H_{max}), índice de equidad de Pielou (E), índice de dominancia-diversidad de Simpson (D) y la diversidad alfa se determinó con el índice de Shannon-Wiener (H') (Magurran, 1989).

Resultados y Discusión

En la variable abundancia de esporas (fig.1) se registró temporalidad por efecto de los factores edad de planta y sitio de muestreo, con un comportamiento heterogéneo en respuesta a ambos. En los tres sitios los grupos de edad de la planta registraron picos de valor en diferentes fechas de muestreo, con diferencias significativas. En general, por sitio continuaron presentandose valores elevados en los muestreos de octubre, febrero y/o abril. La abundancia de esporas resultó con valores similares a los reportados por Carballar-Hernández (2009) en especies silvestres de *Agave* y más bajos que los reportados por Robles et al. (2008) en *A. angustifolia* Haw. El mayor número de esporas se asoció al empleo de sistemas de labranza conservadores.

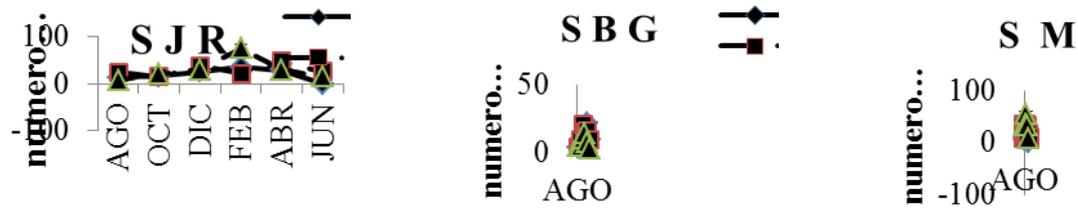


Figura 1. Abundancia de esporas en suelos con cultivo de *Agave angustifolia* en tres localidades del distrito de Tlacolula, Oaxaca, México, para tres grupos de edad de las plantas. SJR-San Juan del Río (M), SBG-San Baltasar Guelavila (L), SM-Santiago Matatlán (P).

Se identificaron 26 morfoespecies de HMA, constituyendo este resultado la mayor riqueza de especies hasta ahora reportada para Oaxaca. Cuatro de estas morfoespecies son por primera vez reportadas para esta región: *Archaeospora shenckii*, *Acaulospora excavata*, *Claroideoglossum etunicatum* y *Rhizophagus fasciculatus*. La familia Glomeraceae presentó el mayor número de especies con un 42% del total, seguida de Acaulosporaceae con 31%. Ocho morfoespecies se registraron durante los seis muestreos. Se encontraron dos morfoespecies de Acaulospora y dos de Glomus que no coinciden con ninguna de las 239 especies que hay descritas hasta el momento (Schüssler & Walker, 2011 www.lrz.de/~schuessler/amphylo_species.html), probablemente son nuevas especies para el Phylum Glomeromycota. Carballar-Hernández (2009) reportó valores menores de morfoespecies asociadas a *A. potatorum*, *A. marmorata* y *A. karwinski* en Oaxaca, mencionando a la familia Glomeraceae con el 36% del total de especies, seguida de Acaulosporaceae con 32% y Gigasporaceae con el 20% respectivamente. Guadarrama-Chávez et al. (2007), en la región de Nizanda, Oaxaca, reportó a la familia Glomeraceae aportando el 44% de las especies, seguida de Acaulosporaceae con el 24% y Gigasporaceae con el 20%. De acuerdo a Sylvia & Williams (1992), los HMA son muy adaptables y permiten a las plantas establecerse, desarrollarse y sobrevivir en ambientes extremos como son los áridos, semiáridos y desérticos.

El orden de los sitios, por riqueza de morfoespecies de HMA registradas fue (tabla 1): $P > M > L$. Se registró una clara estacionalidad para la variable, con valores máximos en temporada de estiaje. La abundancia, medida como número de esporas, por sitios siguió el orden $M > P > L$, en tanto que para fechas de muestreo se registró un comportamiento similar a la variable riqueza. En el valor del índice H_{max} para sitios y fechas de muestreo se registró un comportamiento similar a los valores de abundancia. De igual manera se comportó el valor de H' para sitios, en tanto que para fechas de muestreo los valores máximos correspondieron a los muestreos de febrero y octubre. Los valores de E registrados para sitios se comportaron de manera inversa a los valores de D , en tanto que para fechas ocurrió en términos cercanos a este comportamiento. En el sitio P se registraron los mayores valores de H_{max} , H' y E y el menor de D . En las fechas correspondientes a la época de lluvias (ago., oct. y dic.) se registraron los mayores valores de R , H_{max} , H' y E y el menor valor de D (Tabla 1).

Con base en los datos de abundancia relativa y frecuencia de aislamiento, *Funneliformis geosporum* (antes *Glomus geosporum*) fue la morfoespecie dominante, lo que indica que la morfoespecie que produjo más esporas tuvo la distribución más amplia. El hecho de que *F. geosporum* haya sido la morfoespecie más abundante puede deberse a que produce esporas pequeñas y que requiere poco tiempo para reproducirse, lo que le permite adaptarse más fácilmente a los cambios en las condiciones ambientales (Hart y Reader, 2002).

Tabla 1. Índices Ecológicos de HMA para fechas y sitios de muestreo en el distrito de Tlacolula, Oaxaca, México. Riqueza de especies (S), abundancia relativa (A), diversidad máxima (H_{\max}), diversidad de Shannon-Wiener (H'), índice de Pielou (E), dominancia o diversidad de Simpson (D).

Ind.	Gral.	muestreo 2007-2008							sitio		
		ago	oct	dic	feb	abr	jun	M	L	P	
S	26	13	15	20	20	16	9	19	16	20	
A	3205	338	444	740	762	662	266	1405	573	1233	
H_{\max}	3.25	2.56	2.70	2.99	2.99	2.77	2.19	2.94	2.77	2.99	
H'	1.62	1.40	1.70	1.50	1.71	1.48	1.16	1.38	1.19	1.58	
E	0.50	0.55	0.63	0.50	0.57	0.53	0.53	0.47	0.43	0.53	
D	0.35	0.36	0.28	0.40	0.30	0.40	0.47	0.44	0.51	0.31	

Los valores registrados del índice de Shannon-Wiener indican una comunidad de HMA más diversa en P, seguido de M y finalmente L, en tanto que la dominancia se registró, como cabría esperar, inversamente, esto es, la localidad con mayor diversidad es menos uniforme y menos dominante. Con respecto a la temporalidad, en los muestreos de diciembre y febrero (época de sequía y menor temperatura ambiental) se registró la mayor riqueza de morfoespecies, abundancia y diversidad. Los cambios en la diversidad con respecto al espacio y al tiempo ya han sido documentados (Dandan y Zhiwey, 2007). La diversidad de HMA encontrada en este trabajo es mayor que la reportada en una comunidad vegetal perturbada (Hijri *et al.*, 2006). En Oaxaca, Carballar-Hernández (2009) reportó valores menores de diversidad, comparados con lo registrado en este trabajo, para tres especies silvestres de *Agave*.

Conclusiones

Los resultados de este trabajo señalan una alta abundancia y riqueza de HMA en la región de estudio en el estado de Oaxaca. Los valores registrados del índice de Shannon-Wiener indican una comunidad de HMA más diversa en el sitio de planicie, seguido de montaña y finalmente de lomerío. La especie *Funneliformis geosporum* (antes *Glomus geosporum*) fue la especie dominante. Los resultados permiten inferir que la situación actual de la simbiosis micorrícica asociada a *Agave angustifolia* cultivada en Oaxaca es óptima, y es poco probable que responda a la aplicación de inoculantes; en todo caso, las condiciones de manejo del suelo de bajos insumos deberá promoverse para conservar y/o mejorar estos indicadores.

Literatura Citada

- Armenta, A.D. 2001. Hongos filamentosos y micorrízicos asociados con *Agave angustifolia* Haw. Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo. Hermosillo, Sonora.
- Bautista-Cruz, A., R. Carrillo-González, M.R. Arnaud-Viñas, C. Robles, y F. De León-González. 2007. Soil fertility properties on *Agave angustifolia* Haw. plantations. Soil. Till. Res. 96:342-349
- Brundrett, M., 1991. Mycorrhizae in natural ecosystems. En: A. MacFayden, M. Begon, A.H. Fitter (eds.) Advances in Ecological Research. Academic Press. London. 21:171-313.
- Carballar-Hernández, S. 2009. Variación temporal de la diversidad de hongos de micorriza arbuscular y el potencial micorrízico en especies silvestres de *Agave* en Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, IPN, México
- Dandan, Z., Z. Zhiwei. 2007. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in the hot-dry valley of the Jinsha River, southwest China. Appl. Soil. Ecol. 37:118-128
- Gentry, H. S. 1982. Agaves of Continental North America. University of Arizona Press, Tucson
- Guadarrama-Chávez, P.S., L. Camargo-Ricalde, L. Hernández-Cuevas, S. Castillo-Argüero. 2007. Los hongos micorrizógenos arbusculares de la región de Nizanda, Oaxaca, México. Bol. Soc. Bot. Méx. 81:131-137
- Kernaghan, G. 2005. Mycorrhizal diversity: cause and effect? Pedobiologia. 49:511-520.

- Marrugan, A.E. 1989. Diversidad Ecológica y su Medición. Trad. Antonia M. Cirer. Ediciones VEDRA, Barcelona
- Hijri, I., Z. Sýkororá, F. Oehl, K. Ineichen, P. Mäder, A. Wiemken, D. Redecker. 2006. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. *Mol. Ecol.* 15:2277-2289
- Naeem, S., L.J. Thompson, S.P. Lawler, J.H. Lawton, R.M. Woodfin. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature.* 368: 734-737
- Ochoa-Meza, A., M. Esqueda, R. Fernández-Valle, R. Herrera-Peraza. 2009. Variación estacional de hongos micorrízicos arbusculares asociados con *Agave angustifolia* Haw. en la sierra sonorensis, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 32:189-199.
- Robles, C., I.F. López-Guerra, M.L. Robles-Martínez. 2006. Potencial micorrízico, especies fúngicas nativas y compatibilidad funcional en *Agave angustifolia* Haw. Memoria del XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Sociedad Argentina de la Ciencia del Suelo y Universidad Nacional de Salta. Salta, Argentina.
- Robles, C., M.L. Robles-Martínez, F.B. Monrroy-Díaz. 2008. Crecimiento y nutrición de maguey mezcalero (*Agave angustifolia* Haw) bajo condiciones de micorrización arbuscular. In: Montañón, N.M., S.L. Camargo-Ricalde, R. García-Sánchez, A. Monroy-Ata. (eds.) Hongos micorrizógenos arbusculares en ecosistemas áridos y semiáridos, Mundi-Prensa, Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, UAM-Iztapalapa, FES-Zaragoza-UNAM. México, DF, pp 218-233
- Hart, M.M., R.J. Reader. 2002. Taxonomic basis for variation in the colonization strategy of arbuscular mycorrhizal fungi. *New. Phytol.* 153:335-344
- Schenck, N.C., Y. Perez. 1988. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi. INVAM, Gainesville
- Schüßler, A., C. Walker. 2010. The Glomeromycota. A species list with new families and new genera. The Royal Botanic Garden Edinburgh, The Royal Botanic Garden Kew, Botanische Staatssammlung Munich, Oregon State University, Gloucester
- Schüßler, A., C. Walker. 2011. Glomeromycota species list. http://www.lrz.de/~schuessler/amphylo/amphylo_species.html. Accessed 4 April 2011
- Sylvia, D.M., S.E. Williams. 1992. Vesicular arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In: Bethlenfalvay, G.J., R.G., Linderman (eds.) Mycorrhizae in sustainable agriculture. ASA-Special Publication No. 54. pp 101-124
- Tilman, D., D. Wedin, J. Knops. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature.* 379: 718-720

GRADO DE CONSERVACIÓN Y DIVERSIDAD DE PROTISTAS Y ALGAS EN LA RESERVA ECOLÓGICA DEL RÍO PANCHO POZA, ALTOTONGA, VERACRUZ, MEXICO.

García Reyes Mical Karina¹, Hernández Rosales Dulce Carolina¹, Pérez Chávez Germán¹, Torres Morales Erika Monserrat¹, Ocampo López María Adelaida², Portillo Bobadilla Tobias²
Estudiantes de la Carrera de Biología¹, Profesores de Asignatura², Carrera de Biología, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

E.mails: saiyajinmical7@hotmail.com, cihuatzintl@hotmail.com, dear_3d@hotmail.com, ermonikase@hotmail.com, yoyito5020@gmail.com, yoyitos5020@hotmail.com, adelaidao@gmail.com, tobiasportillo@gmail.com,

Resumen

Los protistas y algas presentan una distribución cosmopolita, ambientes acuáticos y, gracias a sus adaptaciones evolutivas, también en ambientes terrestres, mediante relaciones simbióticas. En este trabajo, se realizó un muestreo en el Río Pancho Poza, Altotonga, Veracruz; con el fin de observar, el grado de conservación y la potabilidad del agua que fluye a lo largo de este río con base en la presencia y ausencia y la diversidad del grupo de protistas y algas en esta zona. Los resultados obtenidos mostraron que lo largo del río con todas sus afluentes son zonas altamente conservadas y que solamente el grupo de algas y dinoflagelados son los predominantes en las áreas muestreadas. Logrando determinar e identificar por primera vez a *Terpsinoe musica* de la Phylum Bacilliarophyta y *Prorocentrum micans* del Phylum Dinophyta, como especies indicadoras de preservación de ambientes riparios y en etapa de sucesión natural.

Palabras clave: *Bacilliarophyta, Dinophyta, conservación de la , Pancho Poza.*

DESARROLLO *in vitro* DE *Persea americana* Mill CRIOLLO Y „HASS“ EN CONDICIONES SALINAS

Ramírez Guerrero Leobarda Guadalupe¹, González Rosas Héctor², Calderón Zavala Guillermo², Delgado Alvarado Adriana³, Castillo González Ana María⁴, Navarrete Valencia Ana Luisa¹, Ana Luisa Sánchez Monteón¹, Graciela López Guzmán¹.

Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit¹. E-mail:leo.ram89@hotmail.com. Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo². Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional, Colegio de Posgraduados, Campus Puebla³. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo⁴.

Resumen

En cultivo *in vitro* se evaluó el efecto del NaCl y CaCl₂ (0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 % de cada sal) y la combinación de estas (1:1), en el crecimiento de ejes embrionarios de aguacate criollo y „Hass“. A los 65 días de su establecimiento en medio de cultivo Murashige y Skoog (1962), el criollo resultó ser más tolerante a las condiciones salinas que „Hass“; en promedio superó a „Hass“ con 0.98 cm de longitud de raíz, 2.22 cm de longitud de tallo, 0.5 mm de diámetro de raíz y 0.81 mm de diámetro de tallo. En criollo se encontró una proporción en la longitud tallo:raíz de 2:1 y en „Hass“ 1:1. El grosor de tallo, en criollo, fue solo 13 % mayor que el diámetro raíz; en „Hass“, el diámetro de raíz fue 15 % superior que al del tallo. En ambos materiales, la raíz y el tallo crecieron más en CaCl₂ y fueron principalmente dañados por NaCl. „Hass“ es una variedad mejorada especialmente afectada por las sales y criollo puede ser una alternativa como portainjerto para las variedades comerciales sensibles a salinidad, debido a que tiene respuesta morfogénica diferente modulada potencialmente por su variación genética natural.

Palabras clave: Aguacate, eje embrionario, tallo y raíz, NaCl y CaCl₂.

Abstract

The impact of NaCl and CaCl₂ (0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 % of each salt), and the combination of them (1:1), was evaluated *in vitro* on growth of embryonic axes of „Hass“ and criollo avocado. After 65 days of culture in Murashige and Skoog medium, criollo avocados were more stress saline tolerant than „Hass“; root and stem growth were higher in criollo (0.98 cm, and 2.22 cm, respectively, longer than „Hass“). Root and stem diameter were, 0.5 mm and 0.81 mm, respectively, thicker in criollo than in „Hass“. While in criollo, the ratio of stem:root length was 2:1, in „Hass“ it was 1:1. Stems of criollo were 13 % thicker than roots, but in „Hass“, roots were 15 % higher than stems. Root and stem growth of „Hass“ and criollo avocado were more deteriorated with NaCl treatments than with CaCl₂ treatments. „Hass“ is an improved variety, particularly affected by salt and the use of criollo can be an alternative as a rootstock for commercial varieties sensitive to salinity, because it has different morphogenetic response potentially modulated.

Key Words: Avocado, embryonic axes, stem and root, NaCl and CaCl₂.

Introducción

La salinidad, ocasionada específicamente por la acumulación de NaCl en los suelos, es uno de los factores abióticos causantes de estrés, que provocan pérdidas económicas, en la agricultura mundial (Xu y Shi, 2007), se predice que la pérdida de los suelos cultivables será del 30 % en los próximos 25 años y del 50 % para el 2050 (Wang *et al.*, 2003). La acumulación alta de sales en el suelo ocasiona, por una parte, un desbalance iónico y estrés hiperosmótico y por otra, estrés oxidativo de los tejidos (Zhu, 2001; Xu y Shi, 2007). En huertos de aguacate se ha observado en condiciones salinas que el crecimiento de raíces es más limitado que el crecimiento de brotes (Bernstein *et al.*, 2004); sin embargo, la sensibilidad o tolerancia al exceso de cloro y sodio varían entre cultivares y entre portainjertos, debido a que existen materiales que desarrollan mecanismos de tolerancia a condiciones de estrés (Bernstein *et al.*, 2004; Munns y Tester, 2008). En zonas afectadas por salinidad, una opción para superar esta situación, es el uso de portainjertos; no obstante, en México existe poca investigación dirigida a la obtención de materiales tolerantes o bien a la evaluación mediante la selección de portainjertos tolerantes a salinidad. Lo anterior es posiblemente, debido a que la producción de

materiales y la evaluación de la tolerancia en experimentos de campo requieren periodos mayores a 10 años y, generalmente, los resultados son afectados por muchas variables ambientales (Ben-Ya'acov y Zilberstaine, 1999; Pire *et al.*, 2007). La investigación *in vitro* es una opción para seleccionar materiales vegetales tolerantes a salinidad, en corto tiempo (Zhang, 1994) debido a que se pueden realizar estudios de los procesos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos para detectar criterios de tolerancia al estrés (Hasegawa *et al.*, 2000; Ehsanpour y Fatahian, 2003). En aguacate, según Fuentes *et al.* (2004), el cultivo *in vitro* de embriones maduros es un método empleado con fines de mejoramiento por la variación genética natural que presentan y de acuerdo con González *et al.* (2003), es una técnica que puede ser útil para identificar materiales tolerantes por su capacidad de ajuste osmótico por la acumulación de solutos. Por lo anterior, los objetivos de esta investigación fueron: 1) evaluar el crecimiento *in vitro* de los embriones maduros de dos materiales de aguacate (Hass' y criollo) cultivados en exceso de cloruros (NaCl y CaCl₂) y 2) identificar materiales de aguacate tolerantes a salinidad.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en condiciones de laboratorio, en Chapingo-Texcoco, Estado de México. Se utilizaron ejes embrionarios extraídos de semillas de aguacate criollo y Hass' provenientes de frutos fisiológicamente maduros. Los cotiledones de las semillas que cubren el eje embrionario, se cortaron hasta dejarlos en forma de cubo de 1 cm por lado. Los ejes embrionarios obtenidos, se sumergieron durante 15 min en una solución al 20 % de hipoclorito de sodio de su concentración comercial, se dieron tres enjuagues sucesivos con agua destilada estéril y, se sumergieron 1 h en solución al 2 % de KH₂PO₄ para evitar su oxidación. Los ejes embrionarios se tomaron uno a uno del recipiente y posteriormente, se estableció uno en cada tubo de ensaye, que contenía 25 mL de medio de cultivo Murashige y Skoog (1962), al 100 % de sus sales suplementado con 2 mg·L⁻¹ de glicina, 10 mg·L⁻¹ de mio-inositol, 4 mg·L⁻¹ de tiamina-HCl, 3 % de sacarosa y la adición de sales de acuerdo a la concentración de cada tratamiento. Las sales utilizadas fueron NaCl y CaCl₂, solas y combinadas (NaCl:CaCl₂). Para cada sal, las concentraciones empleadas fueron: 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9 g·L⁻¹ y la combinación de estas en proporción 1:1; el pH del medio de cultivo se ajustó a 5.7±1 con NaOH 0.1N y HCl 0.1N. Se le agregó 0.8 % de agar-agar (p/v) y se esterilizó a 121 °C y presión de 1.5 kg·cm⁻² durante 15 min. Los tubos con el eje embrionario establecido, se colocaron en la sala de incubación a temperatura de 27±1 °C, fotoperiodo de 16 h luz, intensidad luminosa de 50 μmol·m⁻²·s⁻¹ proporcionada por lámparas fluorescentes de luz blanca. A los 65 días de cultivo *in vitro* se midieron: la longitud de tallo, longitud de raíz, diámetro de tallo y diámetro de raíz. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones. Se realizó análisis de varianza, prueba de medias de Tukey (α=0.05) y prueba de *t* para comparar el grado de tolerancia a salinidad entre criollo y Hass' utilizando el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.2.

Resultados y Discusión

En criollo, hubo efecto significativo entre tratamientos en longitud de tallo, diámetro de tallo y diámetro de raíz; en Hass', la diferencia estadística (P≤0.01) entre tratamientos se observó en todas variables. La prueba de *t* para la comparación de medias de criollo y Hass' mostró que, el criollo fue estadísticamente superior (P≤0.01) a Hass' en todas las variables evaluadas. Lo que indica que aun cuando la respuesta de los embriones fue significativamente muy variada, el criollo logró mayor crecimiento que Hass'.

Longitud de raíz y longitud de tallo. En el Cuadro 1, se observa que en el testigo, la longitud de raíz y tallo de Hass' fue superior a la de criollo; con la adición de sales, el criollo tuvo un crecimiento mayor que Hass', lo que indica que Hass' fue menos tolerante a la salinidad que criollo; aunque, en los dos materiales, la longitud de raíz fue más afectada que la longitud de tallo. El crecimiento de las plántulas de aguacate medido con base en la longitud de raíz y tallo, pudo ser limitado por el estrés causado posiblemente por la presencia de iones tóxicos como el Na y Cl (Sánchez, 2003); de acuerdo con Poljakoff-Mayber y Lerner (1999) la disminución del crecimiento de la raíz puede ser asociada con la inhibición de la división y alargamiento celular, debido a que son los procesos involucrados en el crecimiento radicular que directa o indirectamente son afectados por estos iones. Fue notable que la formación y el crecimiento de la raíz y el tallo disminuyeran en presencia de NaCl, debido

posiblemente a su efecto osmótico y/o tóxico. No obstante, los embriones que lograron formar plántulas, pudo deberse a que la raíz tuvo la habilidad de controlar la entrada de iones tóxicos y la capacidad de absorber agua y mantener un balance hídrico y nutrimental que permitieron su desarrollo (Espinar *et al.*, 2005). En tanto que con la presencia de CaCl_2 en el medio de cultivo, en ambos materiales de aguacate, la longitud de raíz y tallo fue menos afectada en comparación a los crecidos en NaCl ; debido posiblemente a que el Ca participa en el ajuste osmótico mediante la acumulación de solutos orgánicos compatibles, el cual favorece el balance hídrico y el crecimiento de la planta como lo mencionan Girija *et al.* (2002). Con $\text{NaCl}:\text{CaCl}_2$, el crecimiento de raíz y tallo fue inversamente proporcional a la concentración de esta mezcla de sales. En criollo se encontró en promedio, una proporción tallo:raíz de 2:1 y en 'Hass' de aproximadamente 1:1. Resultado que permite determinar que la raíz tuvo menor crecimiento que el tallo en ambos materiales. Goykovic y Saavedra (2007) establecen que las sales alteran la absorción de agua al reducir el potencial hídrico del medio y provocan un desequilibrio iónico que produce toxicidad y desbalance nutrimental, hecho que puede afectar el crecimiento general de la planta. Por su parte, Zhu (2001) señala que un crecimiento lento puede ser una característica de adaptación de las plantas para su supervivencia, porque les permite contar con múltiples recursos (por ejemplo, acumular energía) para combatir el estrés.

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables evaluadas en el desarrollo de ejes embrionarios de aguacate criollo y 'Hass' cultivados *in vitro* en condiciones salinas.

No.	Tratamiento [Sal g.litro ⁻¹]	LR (cm)		LT (cm)		DR (mm)		DT (mm)	
		Criollo	'Hass'	Criollo	'Hass'	Criollo	'Hass'	Criollo	'Hass'
1	Testigo	4.76 a ^z	6.23 a	5.30 a	9.30 a	2.30 a	2.08 ab	2.36 ab	2.42 a
2	0.1 NaCl	4.50 a	0.0 d	7.02 a	0.00 b	2.36 a	0.00 b	2.60 ab	0.00 d
3	0.3 NaCl	1.36 a	4.46 abc	1.88 a	3.98 ab	0.60 a	2.50 a	1.20 ab	2.10 ab
4	0.5 NaCl	0.00 a	0.0 d	0.00 a	0.00 b	0.00 a	0.00 b	0.00 b	0.00 d
5	0.7 NaCl	2.86 a	1.32 cd	4.59 a	0.34 b	1.02 a	0.48 ab	1.44 ab	0.34 cd
6	0.9 NaCl	1.20 a	0.0 d	1.43 a	0.00 b	0.40 a	0.00 b	0.50 ab	0.00 d
7	0.1 CaCl_2	4.74 a	2.66 abcd	4.84 a	4.92 ab	2.14 a	1.36 ab	1.86 ab	1.80 abc
8	0.3 CaCl_2	3.06 a	2.62 abcd	5.80 a	2.90 b	1.98 a	2.0 ab	2.08 ab	1.44 abcd
9	0.5 CaCl_2	2.16 a	0.76 cd	4.56 a	1.38 b	0.78 a	0.52 ab	1.40 ab	0.64 bcd
10	0.7 CaCl_2	3.60 a	1.42 cd	6.50 a	1.13 b	2.30 a	0.80 ab	2.80 a	0.64 bcd
11	0.9 CaCl_2	2.20 a	0.82 cd	5.58 a	0.46 b	1.54 a	0.80 ab	1.80 ab	0.40 cd
12	0.1 NaCl:0.1 CaCl_2	4.04 a	2.20 bcd	6.22 a	1.30 b	1.42 a	1.40 ab	1.64 ab	0.80 abcd
13	0.3 NaCl:0.3 CaCl_2	3.08 a	5.40 ab	8.00 a	4.90 ab	1.40 a	1.88 ab	2.62 ab	1.44 abcd
14	0.5 NaCl:0.5 CaCl_2	2.96 a	0.20 d	2.00 a	1.52 b	2.24 a	0.56 ab	1.08 ab	0.40 cd
15	0.7 NaCl:0.7 CaCl_2	2.08 a	0.0 d	3.14 a	0.00 b	1.48 a	0.00 b	1.76 ab	0.00 d
16	0.9 NaCl:0.9 CaCl_2	1.18 a	0.0 d	0.80 a	0.00 b	0.40 a	0.00 b	0.32 ab	0.00 d
	Promedio	2.74	1.76	4.23	2.01	1.4	0.9	1.59	0.78
	DMS	5.53	3.71	8.77	5.49	2.63	2.38	2.77	1.68

LT=Longitud de tallo; LR=Longitud de raíz; DT=Diámetro de tallo; DR= Diámetro de raíz. DMS=Diferencia mínima significativa. ^zValores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

Diámetro de raíz y diámetro de tallo. En la mayoría de las plantas, el daño que se ocasiona al incrementar la salinidad es menor en la raíz que en el vástago (Munns, 2002); en este estudio y de acuerdo con Bernstein *et al.* (2004), en aguacate, la raíz es más sensible a la salinidad que el tallo (Cuadro 1). No obstante, la tolerancia de las plantas a las sales está en función de la habilidad del sistema radicular para excluir o limitar el transporte de iones tóxicos como Na y Cl a los tallos y restablecer su balance hídrico para que el crecimiento prosiga (Singh *et al.*, 2003). En el testigo, la raíz de criollo fue más gruesa que en 'Hass', pero en 'Hass', el diámetro de tallo fue ligeramente superior que el del criollo. Los tallos y las raíces de las plántulas de criollo y 'Hass' fueron más gruesos en el grupo de tratamientos compuestos por CaCl_2 , en comparación a los obtenidos con $\text{NaCl}:\text{CaCl}_2$ y NaCl , posiblemente porque el Ca ejerció un efecto más significativo en estos órganos. Mientras que, en las plántulas de criollo, el diámetro de tallo fue solo 13 % mayor que el diámetro de raíz; en 'Hass', el diámetro de raíz fue 15 % superior que al del tallo. Musyimi *et al.* (2007) manifiestan que el incremento en diámetro de tallo, se debe probablemente a mecanismos de respuesta a la salinidad para reducir la pérdida de agua y evitar el embolismo, los cuales afectan el crecimiento de la planta, y la disminución del diámetro de raíz, puede ser debido a un decline irreversible en el alargamiento de la

pared celular provocado por la salinidad ante una relación alta Na:Ca, donde el Na puede desplazar el Ca de la membrana plasmática e inmediatamente, la fisiología y función de la membrana podría cambiar y afectar la homeostasis del Ca en la célula como una primera respuesta al estrés (Rengel, 1992). 'Hass' es una variedad mejorada especialmente afectada por las sales, lo que sugiere que en una plantación comercial el nivel de tolerancia es dependiente del portainjerto utilizado y criollo puede ser una alternativa como portainjerto para las variedades comerciales sensibles a salinidad, debido a que tiene respuesta morfogénica diferente, modulada potencialmente por su variación genética natural (Mickelbart *et al.*, 2007; Dalsaso y Guevara, 1988).

Conclusiones

El crecimiento de raíz fue significativamente más reducido que el del tallo, por el estrés salino. Esta respuesta se puede deber a la capacidad de los tejidos para incorporar las sales a su metabolismo, o bien al tipo de sal que ocasiona el estrés. El cultivo *in vitro* de ejes embrionarios maduros de aguacate permitió determinar que es posible identificar materiales tolerantes y sensibles al estrés salino a los 65 días después de su establecimiento. El aguacate criollo fue más tolerante al estrés por sales con respecto a 'Hass'

Literatura Citada

- Ben-Ya'acov, and A. M. Zilberstaine. 1999. The possible use of avocado (*Persea americana* Mill) germoplasm material as rootstocks for soil stress conditions. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 5:25-28.
- Bernstein, N., A. Meiri. and M. Zilberstaine. 2004. Root growth of avocado is more sensitive to salinity than shoot growth. *Jour. Amer.Soc. Hort. Sci.* 129:188-192.
- Dalsaso, L. y E. Guevara. 1988. Multiplicación clonal *in vitro* del aguacate (*Persea americana*) cv 'Fuerte'. *Agronomía Costarricense*, 13:61-71.
- Ehsanpour, A.A. and N. Fatahian. 2003. Effects of salt and proline on *Medicago sativa* callus. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73:53-56.
- Espinar, J.L., L.V. García and L. Clement. 2005. Seed storage conditions change the germination pattern of clonal growth plants in Mediterranean salt marshes. *American Journal of Botany*, 92:1094-1101.
- Fuentes, J.L., N.N. Rodríguez, L. Santiago, Y. Valdés, I.M. Ramírez and J.A. Rodríguez. 2004. Zygotic embryo culture in avocado (*Persea Americana* Mill). *Cultivos Tropicales*, 25:73-76.
- Girija, C., B.N. Smith and P.M. Swamy. 2002. Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on the accumulation of proline and glycinebetanine in peanut (*Arachis Hipogaea* L.). *Environmental Experimental Botany*, 47:1-10.
- González-Rosas, H., S. Salazar-García., G. Ramírez-Reyes., J.L. Rodríguez-Ontiveros. y A.C. Ramos-Villaseñor. 2003. Preliminary results on *in vitro* selection for tolerant to chloride excess in avocado. *Rev. Chap. Serie Hort.* 9:39-43.
- Goykovic, C.V. y G. Saavedra. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo del tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA (Chile)*, 25:47-58.
- Hasegawa, P.M., R.A. Bressan., J.K. Zhu. and H.J. Bohnert. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *An. Rev Plant Phys. and Plant Mol. Biol.* 51:463-499.
- Mickelbart, M.V., S. Melser and M.L. Arpaia. 2007. Salinity-induced changes in ion concentration of 'Hass' avocado trees on three rootstocks. *Journal of Plant Nutrition* 30:105-122.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Env.* 25:239-250.
- Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant. Biol.* 59:651-681.
- Musyimi, D.M., G.W. Netondo., and G. Ouma. 2007. Growth of avocado plants under saline conditions. *Inter. Jour. of Fruit Sc.* 7:59-75.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Phys. Plant.* 15:473-497.
- Poljakoff-Mayber, A. and H.R. Lerner. 1999. Plants in saline environments. In:Pessarakli M. (ed):*Handbook of plant and crop physiology*. Marcel Dekker, New York, 125-154.

- Pire, R., A. Pereira, J. Diez, and E. Fereres. 2007. Evaluación de la tolerancia a la sequía de un portainjerto venezolano de vid y posibles mecanismos condicionantes. *Agrociencia*, 41:435-446.
- Rengel, Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity. *Plant, Cell and Environment* 15:625-632.
- Sánchez, B.E.I. 2003. Emergencia de brotes de tubérculos y acumulación de biomasa de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) cv Alpha, en condiciones de estrés inducido por diversas soluciones salinas. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo. pp 109.
- Singh, A., M.L. Saini and R.K. Behl. 2003. Screening of citrus rootstocks for salt tolerance in semi-arid climates-a review. *Topics*, 13:53-66.
- Wang, W., B. Vinocur and A. Altman. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperature: towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta* 218:1-14.
- Xu, W.F. and W.M. Shi. 2007. Mechanisms of salt tolerance in transgenic *Arabidopsis thaliana* constitutively overexpressing the tomato 14-3-3 protein *TFT7*. *Plant Soil*, 301:17-28.
- Zhang, Y. 1994. Development of *in vitro* bioassays for determination of salinity tolerance in potato (*Solanum* spp). Ph.D. Dissertation, Department of Plant Science. McGill University. Montreal, Canada. pp 137.
- Zhu, J.K. 2001. Plant salt tolerance. *Review trends in Plant Science*, 6:66-71.

INTERACCIONES NUTRIMENTALES Y NORMAS DE DIAGNÓSTICO DE LA COMPOSICIÓN DE NUTRIENTES PARA LA VARIEDAD COMERCIAL DE CHILE SAN MARTÍN (*Capsicum annuum*)

J.L. García-Hernández^{1*}, A. González-Zamora¹, E. Salazar-Sosa¹, M. Fortis-Hernández², F.A. Beltrán-Morales³, M.E. Ramírez-Ramírez¹, J.C. Rodríguez-Ortiz⁴

¹ Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. *Autor para correspondencia: luis_garher@hotmail.com.

² Instituto Tecnológico de Torreón, Torreón, Coah.

³ Universidad Autónoma de Baja California Sur, Departamento de Agronomía, La Paz, BCS.

⁴ Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, S.L.P.

Resumen

El género *Capsicum*, es uno de los grupos taxonómicos de plantas más útiles en el mundo. En la actualidad, la mayoría de los cultivares domesticados de chile pertenecen a la especie *C. annuum*. Debido a los procesos de domesticación que se han llevado a cabo desde hace varios siglos, algunas variedades de chile se han adaptado a condiciones ambientales extremas como la sequía prolongada y alto contenido de sales minerales en el suelo. El presente estudio fue desarrollado para calcular las normas de Diagnóstico de la Composición de Nutrientes (CND) y las interacciones que presentan los nutrientes de cultivares de chile dulce San Martín en suelos desérticos. A partir del enfoque CND se evaluó el valor mínimo de rendimiento para el fruto fresco, así como los rangos óptimos del contenido foliar de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg). Los resultados obtenidos indican que la producción mínima de fruto fresco de San Martín debe ser 50.53 t ha⁻¹ para ser considerada como de alto rendimiento. Mediante un análisis de componentes principales en los que se utilizaron los índices de nutrientes estimados en la CND, se identificaron las interacciones de los nutrientes en donde se encontró una interacción positiva (K-Ca), y seis negativas (P-Ca, K-Mg, P-K, Mg-R, N-Ca, Mg-N).

Palabras clave: Norma CND, *Capsicum*, cultivar San Martín

Abstract

The genus *Capsicum*, is one of the most useful plant taxonomic groups in the world. Currently, the most of domesticated pepper cultivars belong to the species *C. annuum*. Due to the process of domestication that have been carried out for several centuries, some varieties of pepper have adapted to extreme environmental conditions such as prolonged drought and high content of mineral salts in the soil. This study was developed to calculate the Compositional Nutrient Diagnostic (CND) norms and to study the nutrients interactions of the sweet pepper cultivars San Martín in desert soils. Through the CND approach was assessed the minimum high yield target for fresh fruit, as well as the corresponding optimum ranges of macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) foliar content. The results showed that the minimum production of 50.53 t ha⁻¹ annual fresh fruit for San Martín to be regarded as for high performance. Principal component analyses performed using estimated CND nutrients indexes allowed us to identify one positive interaction (K-Ca) and six negative interactions (P-Ca, K-mg, PK, Mg-R, N, Ca, Mg-N).

Key Words: CND Norm, *Capsicum*, cultivar San Martín.

Introducción

El género *Capsicum* (*Solanaceae*) incluye ca. 30 especies y una amplia diversidad de variedades y cultivares. Actualmente, la mayoría de las variedades domesticadas más comúnmente cultivadas en el mundo pertenecen a la especie *C. annuum*. La comprensión de los mecanismos fisiológicos, bioquímicos y moleculares que contribuyen a la absorción de nutrientes, el transporte, la síntesis y su acumulación bajo diversas condiciones ambientales, es esencial para mejorar el valor nutricional de las plantas de chile en términos de composición y concentración de nutrientes. En este contexto, ya han sido publicadas las normas de Diagnóstico de Composición de Nutrientes (CND) para diferentes cultivares comerciales entre los que se encuentran algunos pertenecientes a *C. annuum*: chile 'güero' y chile 'Mirasol' (García-Hernández *et al.*, 2004; Valdez-Cepeda *et al.*, 2005) en los que se ha aplicado

el análisis de componentes principales utilizando los datos de la CND ya que se considera la técnica adecuada para diagnosticar el estado nutricional de las plantas y dilucidar las interacciones de nutrientes en otros cultivares. El enfoque CND tiene una sólida base matemática que permite definir un valor de rentabilidad mínima que se utiliza para discriminar entre subpoblaciones con alto y bajo rendimiento. Dicha partición se basa en la relación cúbica entre el rendimiento y la relación de la variación acumulada, y en la función de distribución χ^2 del índice global de nutrición utilizado en el proceso de diagnóstico. Los objetivos de este estudio son: i) calcular las normas preliminares CND para el cultivar comercial de chile San Martín, cultivado en un suelo del desierto calcáreo de La Paz, Baja California Sur, México y ii) identificar las interacciones de nutrientes a partir de un análisis de componentes principales en cada variedad, teniendo en cuenta los índices de la CND.

Materiales y Métodos

Este estudio se basa en los datos experimentales obtenidos a partir del estudio llevado a cabo en el período 2005-2006 en la "Estación Experimental Centro de Propagación Vegetativa", perteneciente al "Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste" (CIBNOR), situado en La Paz, Baja California Sur, México. Los cultivos se desarrollaron en un suelo franco arenoso grueso que contiene $< 0.4\%$ de materia orgánica. Antes de la siembra fueron analizadas 10 muestras de suelo de la capa de 0-30 cm de las que se obtuvo la media y desviación estándar igual a 4.38 ± 0.99 mg N kg^{-1} ; 24.47 ± 11.75 mg P kg^{-1} ; 48.08 ± 16.3 mg K kg^{-1} ; 23.5 ± 7.39 mg Ca kg^{-1} ; 11.21 ± 4.05 mg Mg kg^{-1} ; pH = 6.82 ± 0.55 ; 1.08 ± 0.82 dS m^{-1} de conductividad eléctrica; y 19.01 ± 3.9 g CaCO_3 kg^{-1} . De acuerdo con estos resultados, el suelo experimental puede ser clasificado como suelo del desierto, que se caracteriza por ser calcáreo, con un fino Horizonte-A, un contenido de materia orgánica muy bajo y sales solubles acumuladas.

La densidad de población fue de 31, 250 plantas ha^{-1} . El riego por goteo fue empleado para satisfacer las necesidades de agua de los cultivos, a una tasa promedio de 3 mm día^{-1} . Los tratamientos de herbicidas, fungicidas e insecticidas se aplicaron conforme a las prácticas estándar de cultivo. El suelo se fertilizó con 120, 30 y 30 kg ha^{-1} de N, P y K, respectivamente. Se colectaron 80 muestras foliares tomadas de plantas sanas elegidas al azar y distribuidas en la parcela experimental, en la etapa de apertura de flor. Cada muestra esta compuesta de hojas de tres plantas vecinas de la misma fila y fue limpiada con agua destilada y secada hasta peso constante, luego fueron analizados para el total de N, P, K, Ca y Mg. Las plantas utilizadas para las muestras foliares fueron colectadas en la etapa de fruto fresco en tres fechas: 15 de marzo, 05 de abril, y 25 de abril de 2006. El conjunto de datos de nutrientes fue comparado con el rendimiento anual de las mismas plantas muestreadas. Los datos utilizados incluyen el rendimiento anual de la planta y la concentración en la composición de N, P, K, Ca y Mg. Las normas CND se calcularon de acuerdo con el enfoque teórico descrito principalmente en Khiari *et al.* (2001) utilizando un análisis de componentes principales (PCA).

Resultados y discusión

El rendimiento del cultivar San Martín fueron los siguientes: media = 44.89 t ha^{-1} , mínimo = 29.89 t ha^{-1} , máximo = 68.54 t ha^{-1} , y desviación estándar = 8.28 t ha^{-1} . Las normas CND fueron obtenidas a partir de la concentración de nutrientes. Estos datos se utilizaron para calcular las funciones de variación acumulada en cada rango de valores. Por lo tanto, el valor que divide a las subpoblaciones de alto y bajo rendimiento se determinó después de examinar las cinco funciones de variación acumulada en relación con el rendimiento. La concentración de nutrientes fue transformada para determinar los logaritmos de las porciones centradas para cada observación (V_N , V_P , V_K , V_{Ca} , V_{Mg} y V_{Rd}) de acuerdo al enfoque CND. Esos valores fueron usados para calcular el rango de la función de varianza acumulada [$F_i^C(V_X)$] es decir, el valor que divide a las subpoblaciones de alto y bajo rendimiento (valor de rendimiento de corte) la cual fue determinada después de examinar los cinco rangos de las funciones de varianza acumulada relacionada con el rendimiento (Figura 1). Las seis relaciones mostraron un patrón cúbico, los valores de los rendimientos se muestran en el Cuadro 1.

La teoría del enfoque CND recomienda que los valores de discriminación mas altos entre $d + 1$ cálculos de nutrientes deben ser retenidos para calcular la proporción de la subpoblación de bajo rendimiento por debajo del valor de rendimiento de corte, el cual se utiliza como valor fundamental para la función de distribución acumulada χ^2 . En el presente caso, el valor más alto es 50.53 t ha^{-1} .

Teniendo en cuenta este resultado, 22 de las 80 observaciones son consideradas como la subpoblación de alto rendimiento. Las normas preliminares CND y los registros de las proporciones centradas para la subpoblación de alto rendimiento, así como sus rangos óptimos correspondientes a las concentraciones de nutrientes se presentan en el Cuadro 2.

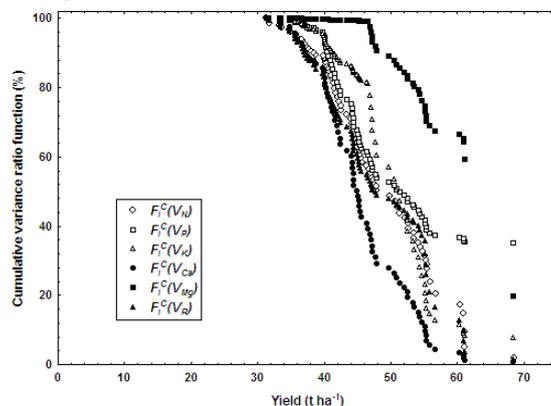


Figura 1. Relación entre *C. annuum* (cv. San Martín) y la varianza acumulada para calcular el valor de rendimiento de corte.

Cuadro 1. Rendimiento de *C. annuum* (cv. San Martín) en los puntos de inflexión de las funciones de varianza acumulada para las proporciones centradas en cada observación. Relaciones log ($n = 77$) en la población de estudio ($n = 80$).

Nutriente	$F_i^C(V_X) = aY^3 + bY^2 + cY + d$	R^2	Rendimiento en el punto de inflexión ($-b/3a$) t ha ⁻¹
N	$0.0034Y^3 - 0.4893Y^2 + 19.852Y - 143.13$	0.988	47.97
P	$0.0045Y^3 - 0.6104Y^2 + 24.259Y - 192.69$	0.971	45.21
K	$0.0088Y^3 - 1.3342Y^2 + 62.132Y - 816.73$	0.980	50.53
Ca	$0.0055Y^3 - 0.7353Y^2 + 27.987Y - 216.63$	0.983	0.00
Mg	$-0.0001Y^3 - 0.0642Y^2 + 5.4291Y - 5.5441$	0.970	0.00
R	$0.0014Y^3 - 0.1987Y^2 + 5.9243Y + 70.13$	0.979	47.30

Cuadro 2. Normas CND de $d = 5$ nutrientes, y los rangos óptimos (media \pm desviación estándar SD) de los nutrientes de *C. annuum* (cv. San Martín). Valor de rendimiento de corte 50.53 t ha⁻¹.

Rango log de las proporciones centradas	Media	SD	Nutriente	Media (g kg ⁻¹)	SD (g kg ⁻¹)
V_N^*	0.044	0.056	N	45.22	2.57
V_P^*	-1.336	0.120	P	11.45	1.60
V_K^*	0.090	0.070	K	47.38	3.18
V_{Ca}^*	-0.584	0.059	Ca	24.14	1.92
V_{Mg}^*	-1.204	0.048	Mg	12.98	0.99
$V_{R_5}^*$	2.990	0.047	R	858.81	5.96
ΣV_X	0	-			

Las normas preliminares CND se utilizaron para calcular los índices de nutrientes en IP, IK, ICa, IMg e IRD y los valores de CND r^2 .

El análisis de componentes principales (PCA) se llevó a cabo con los índices de CND para tres casos: el total de datos (80 observaciones), la subpoblación de alto rendimiento (22 observaciones), y la subpoblación de bajo rendimiento (58 observaciones). En el primer caso, los dos primeros componentes explicaron el 58.3% de la varianza total. El primer componente se correlacionó

positivamente con el I_{Ca}, y negativamente con el I_P. El segundo componente se correlacionó positivamente con el I_K, y negativamente con el I_{Mg} (Cuadro 3).

Cuadro 3. Correlación entre los dos primeros componentes y los índices CND para: ^A= el total de datos (80 observaciones), ^B= la subpoblación de alto rendimiento (22 observaciones) y ^C= la subpoblación de bajo rendimiento (58 observaciones) de *C. annuum* (cv San Martín).

Índices CND	PC1 ^A	PC2 ^A	PC1 ^B	PC2 ^B	PC1 ^C	PC2 ^C
<i>I_N</i>	0.149	0.057	0.144	0.585	0.180	0.078
<i>I_P</i>	-0.903	0.011	-0.941	-0.216	-0.915	0.047
<i>I_K</i>	0.295	0.917	0.758	0.306	0.254	0.935
<i>I_{Ca}</i>	0.892	0.038	0.757	-0.469	0.892	0.048
<i>I_{Mg}</i>	0.260	-0.922	0.026	-0.795	0.260	-0.930
<i>I_R</i>	-0.120	0.061	0.114	0.803	-0.143	0.019
Varianza explicada	1.804	1.701	2.070	1.983	1.820	1.752
Proporción del total	0.300	0.283	0.345	0.330	0.303	0.292

Los valores en negritas son los mas altos en los eigenvectores. Nivel de significancia aproximadamente a 0.7.

Las interacciones entre los nutrientes se muestran en el Cuadro 4; en el caso de la interacción Ca-Mg, que es positiva, el resultado coincide con los resultados obtenidos en estudios similares para pimiento amarillo (García-Hernández *et al.*, 2004) y frijol (García-Hernández *et al.*, 2005), en tales casos, las plantas crecen en suelo y condiciones ambientales similares a las aquí descritas. Sin embargo, en otros trabajos como el de Grattan y Grieve (1999) se sugiere una interacción negativa debido a la competencia entre el Ca₂⁺ y el Mg₂⁺ en diferentes tipos de suelo acompañado en ocasiones de un aumento de Ca junto con una marcada reducción de Mg foliar en muchos cultivos, como consecuencia de la mayor solubilidad del Mg, lo que provoca que se pierda mas fácilmente.

La relación negativa N-P, es probablemente el de mayor importancia económica de todas las interacciones que implican al P. El nitrógeno es un componente central de proteínas de las células y se utiliza para la producción de semillas, y el fósforo se utiliza para la transformación de la energía en las células. Numerosos estudios demuestran que las tasas de fertilización de la vegetación son a menudo limitadas por estos nutrientes (Gorham *et al.*, 1979). En cuanto a la relación N-Ca, ésta podría ser consecuencia de una correlación negativa entre el NH₄⁺ y los iones Ca₂⁺, aunque ésta interacción no fue importante en la diferenciación entre las subpoblaciones de alto y de bajo rendimiento. En el caso de la interacción negativa N-Mg, no se conoce una explicación fisiológica sólida para la misma, sin embargo, esta misma interacción se refleja en otros cultivos como maíz y nopal (Magallanes-Quintanar *et al.*, 2004). El antagonismo P-Ca ha sido reportado en diversos trabajos como el de Parent *et al.*, (1994). Se puede deducir a partir de los valores de P inicial en el suelo que muchas de las plantas muestreadas no podrían haber alcanzado mayores concentraciones foliares de P, a pesar de la alta disponibilidad de P, posiblemente debido a la naturaleza calcárea del suelo, lo cual da lugar a un intercambio de Ca₂⁺ y P formando precipitados insolubles y por lo tanto, la reducción de la disponibilidad de P para las plantas. Por último, la relación negativa P-Mg podría estar relacionada con el metabolismo de la planta y el proceso de dilución que se acentúa con el tiempo (Walworth and Sumner, 1987).

Cuadro 4. Matriz de correlaciones entre el rendimiento y los índices CND para el total de datos (n = 80) de *C. annuum* (cv. San Martín).

	Rendimiento	<i>I_N</i>	<i>I_P</i>	<i>I_K</i>	<i>I_{Ca}</i>	<i>I_{Mg}</i>
<i>N</i>	-0.05					
<i>I_P</i>	0.10	-0.41				
<i>I_K</i>	-0.06	0.05	-0.30			
<i>I_{Ca}</i>	0.09	-0.13	-0.64	0.22		
<i>I_{Mg}</i>	-0.09	-0.18	-0.23	-0.70	0.17	
<i>I_R</i>	0.03	0.20	-0.19	0.01	-0.20	-0.19

En negritas valores de correlación de Pearson con una significancia de p < 0.05.

Conclusiones

Nuestros resultados confirman que la investigación sobre otras interacciones entre nutrientes que se producen en el cultivar San Martín, deben llevarse a cabo en un futuro próximo con el fin de comprender el papel de los factores limitantes del crecimiento de las plantas bajo diferentes condiciones de campo. La interpretación de las interacciones que se identifican por medio de técnicas útiles para el diagnóstico de la situación de nutrientes, como el enfoque de la CND apoyada en métodos multivariados, podría contribuir a superar algunos de los inconvenientes de los métodos clásicos, porque tienen la capacidad para manejar las interacciones entre los factores nutricionales en términos de proporciones invariables de la escala.

Literatura citada

- García-Hernández, J. L., R. D. Valdez-Cepeda, B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, L. F. Beltrán, R. Magallanes-Quintanar and E. Troyo-Diéguez. 2004. Compositional nutrient diagnosis and main nutrient interactions in yellow pepper grown on desert calcareous soils. *J Plant Nutr Soil Sci* 167:509-515.
- García-Hernández, J. L., R. D. Valdez-Cepeda, N. Y. Ávila-Serrano, B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, R. Magallanes-Quintanar, J. Larrinaga-Mayoral and E. Troyo-Diéguez. 2005. Preliminary compositional nutrient diagnosis norms for cowpea (*Vigna unguiculada* (L.) Walp) grown on desert calcareous soil. *Plant Soil* 217: 297-307.
- Gorham, E., P. M. Vitousek and W. A. Reiners. 1979. The regulation of element budgets in the course of terrestrial ecosystem succession. *Rev Ecol Syst* 10: 53-84.
- Grattan, S. R and C. M. Grieve. 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci Hort* 78:127-157.
- Khiari, L., I. E. Parent and N. Tremblay. 2001. Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agron J* 93:802-808.
- Magallanes-Quintanar, R., R. D. Valdez-Cepeda, F. Blanco-Macías, M. Márquez-Madrid, R. R. Ruiz-Garduño, O. Pérez-Veyna, J. L. García-Hernández, B. Murillo-Amador, J. D. López-Martínez and E. Martínez-Rubín de Celis. 2004. Compositional nutrient diagnosis in nopal (*Opuntia ficus-indica*). *J Prof Assoc Cactus Develop* 6: 78-89.
- Parent, L. E., A. N. Cambouris and A. Muhawenimana. 1994. Multivariate diagnosis of nutrient imbalance in potato crops. *Soil Sci Soc Am J* 58:1432-1438.
- Valdez-Cepeda, R. D., R. Magallanes-Quintanar, S. Rubio, J. L. García-Hernández, B. Murillo, E. Troyo and F. Blanco. 2005. Normas nutrimentales DNC para Chile (*Capsicum annuum*) tipo 'Mirasol' seco. P p 150-157. In: Second World Pepper Convention. Zacatecas, México. (14-16)-08-2005.
- Walworth, J. L. and M. E. Sumner. 1987. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS). *Adv Soil Sci* 6:149-188.

DIAGNÓSTICO NUTRIMENTAL DE HUERTOS DE MANGO EN DOS ZONAS AGROECOLÓGICAS BAJO DOS CONDICIONES DE MANEJO

J. Diego García-Paredes^{1*}, Luis A. Herrera-Maciél², Gelacio Santiago-Alejo¹, Irán Bojórquez-Serrano¹, Rubén Bugarin-Montoya¹ y Alberto Madueño-Molina¹. ¹Universidad Autónoma de Nayarit.

²Alumno de Maestría del Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. *E-mail: digapal@hotmail.com.

Resumen

El objetivo de este estudio fue obtener un diagnóstico nutrimental foliar en mango cultivado en dos zonas agroecológicas, bajo dos condiciones de manejo. Se muestrearon 24 huertos comerciales de mango, 12 en la región de la llanura costera y 12 en el pie de la vertiente montañosa. Dentro de cada una de estas, seis fueron con manejo convencional y seis con manejo orgánico. Para la interpretación de los resultados de los análisis foliares se utilizó el enfoque de Índice de Desviación del Óptimo Porcentual. El diagnóstico nutrimental global mostro deficiencias de nitrógeno en la mayoría de los huertos, niveles excesivos generalizados de fósforo, concentraciones normales de potasio, deficiencias severas de calcio y deficiencias de magnesio en algunos huertos.

Palabras claves: *Mangifera indica*, *nutrición mineral*, *análisis foliar*.

Abstract

The aim of this study was to obtain a nutritional diagnosis in mango leaf grown in two agro-ecological zones under two conditions of management. 24 commercial orchards of mango were sampled, 12 on the Coastal Plain region and 12 at the foot of the mountain slope. Within each of these, six were with conventional treatment and six under organic management. For the interpretation of the results of leaf analysis the approach of Deviation Index of Optimal Percentage was used. The global diagnosis showed nutritional deficiencies of nitrogen in most orchards, generalized excessive levels of phosphorus, normal potassium levels, severe deficiencies of calcium and magnesium deficiencies in some orchards.

Keywords: *Mangifera indica*, *mineral nutrition*, *leaf analysis*.

Introducción

Nayarit es uno de los principales productores de mango en México, y ocupa el tercer lugar en exportación después de Michoacán y Sinaloa. El mango se cultiva en dos áreas fisiográficas: la Llanura Costera y el pie de la Vertiente Montañosa, y estas son manejadas en forma convencional o bien bajo criterio orgánico. Aunque el rendimiento regional (12 t ha⁻¹) está por encima de la media nacional (10 t ha⁻¹); el potencial productivo es mayor (20 t ha⁻¹). Lo anterior indica la existencia de condiciones limitantes de la producción que aún no se han identificado y que necesitan ser estudiadas para encontrar formas de manejo óptimo del cultivo. Son escasos los estudios sobre la fertilidad de los suelos, el estado nutrimental de los árboles, los niveles de extracción de nutrimentos del fruto para definir el mejor manejo de la fertilización para una óptima nutrición y producción. Evidencia experimental señala que existen problemas fisiológicos que están asociados con la carencia de fertilización o bien con un manejo inadecuado de esta práctica, lo que conlleva a desbalances nutrimentales (Young, 1957 y Krishnamurthy, 1981). Salazar et al. (1993) mencionan que la anarquía existente en los programas de fertilización para mango en Nayarit o bien la ausencia de esta práctica es la causa de desviaciones nutrimentales en los árboles.

El objetivo del estudio fue diagnosticar el estado nutricional de mango establecido en dos zonas agroecológicas bajo manejo convencional y orgánico, para determinar los elementos que limitan los rendimientos en cada una de las condiciones estudiadas.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en dos zonas agroecológicas de Nayarit (Llanura Costera y Vertiente Montañosa). Se muestrearon 24 huertos de mango 12 con manejo convencional y 12 con manejo orgánico. De cada una de estas condiciones de manejo seis fueron muestreadas en la Llanura Costera y seis en la Vertiente Montañosa. Las muestras foliares se colectaron entre noviembre de 2010 y enero

de 2011. En cada huerto se muestrearon 12 árboles, considerando los cuatro puntos cardinales para cada árbol. La muestra foliar correspondió hojas completamente desarrolladas, de brotes terminales sin fructificar, sanas y sin daño físico o químico. En laboratorio, las muestras fueron lavadas con agua destilada, secadas en estufa a temperatura de 70° C durante 48 horas y molidas. Se determinaron los contenidos de N, P, K, S, Ca, Mg, según la norma oficial.

Para la interpretación de los resultados se usó el criterio de Desviación del Óptimo Porcentual (Montañez et al., 1993). El Índice de Desviación del Óptimo Porcentual se calcula aplicando la siguiente relación:

$$\text{DOP} = \frac{C \times 100}{\text{Cref}} - 100$$

Donde:

- C: Es la concentración foliar (en porcentaje sobre materia seca) del elemento en la muestra analizada.
 Cref: Es el óptimo del mismo elemento (porcentaje sobre materia seca) definido en las mismas condiciones en que fue tomada la muestra problema y, lógicamente, para el mismo cultivo.

Los valores negativos del DOP indican una condición de déficit y los positivos un exceso del nutriente respectivo. El valor numérico absoluto señala la importancia o gravedad de la situación anómala. Cuando el índice sea cero el elemento se halla en óptima concentración.

En este estudio los valores utilizados fueron los reportados por Molina (2010), y aunque la recomendación es que se utilicen valores de referencia para las mismas condiciones, dada la carencia de dichos valores se parte del supuesto de que los resultados serán válidos con los valores usados, los cuales fueron: N (1.0 – 1.5), P (0.1 - 0.25), K (0.4 – 1.5), Ca (2.0 – 5.0), y Mg (0.2 – 0.5). Sin embargo, dado que se presenta un rango y no un valor único, se consideró el valor mínimo puesto que bajo este criterio, es seguro que los valores inferiores estarán en el nivel deficiente. Estos valores son similares a los reportados por Reuter y Robinson (1986) para el cultivo de mango.

Los resultados se analizaron estadísticamente, comparando las dos zonas agroecológicas y las dos condiciones de manejo. Lo anterior se realizó mediante una prueba de t para dos muestras.

Resultados y Discusión

Los resultados de las pruebas de t fueron (Cuadro 1): la comparación del manejo orgánico versus convencional señaló la igualdad estadística entre los contenidos nutrimentales excepto para magnesio, donde la diferencia fue significativa a favor del manejo convencional. La comparación entre las zonas agroecológicas (llanura costera vs vertiente montañosa) señaló diferencias para los contenidos de potasio y calcio, ambos a favor de la llanura costera. Sin embargo, es conveniente aclarar que los contenidos de potasio están por encima del mínimo crítico, mientras que los contenidos de calcio son deficientes en todas las huertas. En consecuencia, estas diferencias pierden relevancia desde el punto de vista del manejo de las huertas.

El análisis de las zonas, con solo manejo orgánico, reporta como significativa la diferencia en contenido nutrimental de magnesio entre la vertiente montañosa y la llanura costera, en esta última hay más huertos con deficiencias de este elemento.

Con manejo convencional, existen diferencias significativas para el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio. Estas diferencias fueron mayores en la vertiente montañosa para nitrógeno y mayores en la llanura costera para el resto. Sin embargo, es conveniente resaltar que los contenidos de fósforo y potasio están por encima del nivel crítico, mientras que el contenido de calcio es deficiente en cualquier condición.

Cuadro 1. Prueba de t (Pr > t) para la concentración nutrimental foliar comparando la zona agroecológica y el tipo de manejo.

Condición de la huerta	n	N	P	K	Ca	Mg
Llanura costera vs Vertiente montañosa	12	0.188	0.518	0.050	0.002	0.254
Manejo orgánico vs Convencional	12	0.848	0.413	0.235	0.429	0.014
Orgánico en Llanura costera vs Orgánico en Vertiente montañosa	6	0.856	0.395	0.813	0.046	0.002
Convencional en Llanura costera vs Convencional en Vertiente montañosa	6	0.010	0.033	0.011	0.020	0.999
Convencional en Llanura costera vs Orgánico en Llanura costera	6	0.175	0.019	0.774	0.743	0.023
Convencional en Vertiente montañosa vs Orgánico en Vertiente montañosa	6	0.677	0.469	0.021	0.340	0.301

El análisis del manejo en la llanura costera arrojó como significativamente diferentes al contenido de fósforo y de magnesio a favor del manejo convencional. El análisis del manejo en la vertiente Montañosa señaló como significativo al contenido de potasio, a favor del manejo orgánico, sin embargo el potasio, al igual que el fósforo, está por encima del nivel crítico.

En ocho de 12 huertos de la Llanura Costera el nitrógeno es deficiente, mientras que en la vertiente montañosa solo dos huertos fueron deficientes en este elemento.

El fósforo y el potasio son elementos que se encuentran por encima de los niveles óptimos mínimos requeridos por el cultivo de mango, bajo cualquier condición de manejo y ubicación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenidos, índices de desviación del óptimo porcentual mínimo y orden de limitación de nutrientes en muestras de hoja de mango según el tipo de manejo y la ubicación fisiográfica.

Tipo de huerta y ubicación fisiográfica	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	Orden de limitación
Orgánica – Llanura costera	0.81	0.42	0.82	0.20	0.19	-19	324	105	-90	-6	Ca>N>Mg>K>P
Orgánica – Llanura costera	1.19	0.37	1.00	0.18	0.20	19	266	150	-91	0	Ca>Mg>N>K>P
Orgánica – Llanura costera	1.29	0.29	0.91	0.19	0.18	29	189	127	-91	-9	Ca>Mg>N>K>P
Orgánica – Llanura costera	0.99	0.26	0.68	0.21	0.19	-0.6	158	71	-89	-5	Ca>Mg>N>K>P
Orgánica – Llanura costera	1.00	0.30	0.73	0.20	0.17	0.8	200	82	-90	-14	Ca>Mg>N>K>P
Orgánica – Llanura costera	0.97	0.25	0.59	0.21	0.21	-3	146	48	-90	7	Ca>N>Mg>K>P
Orgánica – Vertiente montañosa	2.13	0.18	0.82	0.19	0.24	113	77	105	-91	20	Ca>Mg>P>K>N
Orgánica – Vertiente montañosa	0.22	0.68	0.77	0.19	0.30	-78	576	93	-91	50	Ca>N>Mg>K>P
Orgánica – Vertiente montañosa	1.36	0.32	0.77	0.19	0.24	36	216	93	-91	18	Ca>Mg>N>K>P
Orgánica – Vertiente montañosa	1.06	0.42	0.86	0.19	0.21	6	320	116	-90	4	Ca>Mg>N>K>P
Orgánica – Vertiente montañosa	1.02	0.34	0.64	0.18	0.24	2	235	59	-91	20	Ca>N>Mg>K>P
Orgánica – Vertiente montañosa	0.76	0.34	0.77	0.17	0.24	-24	243	93	-92	22	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Llanura costera	0.72	0.51	0.77	0.20	0.26	-28	409	93	-90	29	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Llanura costera	0.77	0.27	0.91	0.20	0.23	-23	173	127	-90	17	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Llanura costera	0.76	0.45	0.86	0.20	0.22	-24	351	116	-90	9	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Llanura costera	0.76	0.52	0.91	0.20	0.23	-24	425	127	-90	15	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Llanura costera	0.90	0.54	0.68	0.20	0.42	-10	444	71	-90	109	Ca>N>K>Mg>P
Convencional – Llanura costera	1.32	0.42	0.73	0.20	0.28	32	320	82	-90	42	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Vertiente montañosa	1.01	0.35	0.73	0.19	0.32	0.8	247	82	-91	62	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Vertiente montañosa	1.12	0.40	0.64	0.19	0.32	12	305	59	-91	61	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Vertiente montañosa	1.26	0.18	0.41	0.18	0.30	26	81	3	-91	48	Ca>K>N>Mg>P
Convencional – Vertiente montañosa	1.22	0.31	0.68	0.18	0.27	22	208	71	-91	35	Ca>N>Mg>K>P
Convencional – Vertiente montañosa	1.33	0.31	0.64	0.20	0.26	33	212	59	-90	28	Ca>Mg>N>K>P
Convencional – Vertiente montañosa	1.29	0.39	0.64	0.20	0.17	29	289	59	-90	-6	Ca>Mg>N>K>P

Estos nutrientes deberán de mantenerse cerca de la concentración óptima, especialmente el primero dado que está muy por encima de su rango óptimo. Estos resultados, contrastan con lo mencionado por Salazar et al. (1993), quienes encontraron concentraciones debajo de lo normal para fósforo y potasio.

En todos los huertos estudiados se manifiesta una deficiencia de calcio mayor que cualquier otro de los elementos analizados, independientemente de cualquier condición de manejo y ubicación geomorfológica. Esta deficiencia puede ocasionar problemas fisiológicos en los frutos, y debilitar su resistencia al almacenamiento y transporte. Similares resultados fueron encontrados por Salazar et al. (1993) en huertos del municipio de San Blas (Vertiente montañosa).

En la llanura costera, en los huertos bajo condición de manejo orgánico, el magnesio es el elemento más deficiente, después del calcio. Además, en tres de las seis huertas, bajo esta condición, se manifiestan deficiencias de nitrógeno.

En cuatro de los seis huertos de la llanura costera, con manejo orgánico, el orden de la limitación fue $Ca > Mg > N > K > P$. Mientras que con manejo convencional, en la llanura costera, en cinco huertos el orden de limitación fue $Ca > N > Mg > K > P$. Bajo manejo convencional, en seis de los 12 huertos el orden de limitación fue $Ca > N > Mg > K > P$.

En general, en 11 huertos de 24 el orden de limitación fue $Ca > N > Mg > K > P$, mientras que en ocho de ellos el orden de limitación fue $Ca > Mg > N > K > P$.

El efecto del manejo sobre la condición nutrimental de los huertos de mango no resultó claro. Lo anterior puede deberse a que en la mayoría de las huertas no se aplican fertilizantes, y cuando se usan, se hace en forma anárquica y la condición de orgánica o convencional está identificada por el uso o no de pesticidas.

Conclusiones

En la llanura costera, ocho de 12 huertos fueron identificados con deficiencias de nitrógeno, mientras que en los huertos de la Vertiente montañosa solo hubo dos.

Bajo cualquier condición de las estudiadas, el fósforo y potasio se encuentran por encima del nivel óptimo.

El diagnóstico foliar global mostro deficiencias importantes en calcio en todos los huertos.

El magnesio se encontró deficiente en cuatro de las huertas de la llanura costera (manejo orgánico), y solo en una en la vertiente montañosa (manejo convencional).

Literatura Citada

- Krishnamurthy, S. 1981. Chemical studies on internal breakdown in Alphonso mango (*Mangifera indica* L.). J. Hort. Sci. 56(3):247-250.
- Molina, E. 2010. Análisis foliar y su interpretación. (<http://www.aminogrowinternacional.com>). Consultada 15/09/2010.
- Montañez L., L. Heraz, J. Abadia, y M. Sanz. 1993. Plant analysis interpretation based on a new index: deviation from optimum percentage (DOP). J. Plant Nutrition 16(7):1289-1308.
- Reuter, D.J. and J. B. Robinson (eds). 1986. Plant Analysis: an interpretation manual. 1st Ed. Inkata Press. 220 pp.
- Salazar García, S., G. Gutiérrez Camacho, E. Becerra Bernal y J. Roberto Gómez Aguilar. 1993. Diagnóstico nutricional del mango en San Blas, Nayarit. Rev. Fitot. Mex. 16:190-202.

EFECTO DEL SUSTRATO EN EL DESARROLLO DE *Vinca rosea* EN MACETA

Francisca Sánchez Bernal, Víctor Martínez Cueto, Pablo Preciado Rangel, Leonor Hernández Ramírez

¹Prof. Investigador Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna E-mail: francis_sanchezb@hotmail.com, ² Prof. Investigador ITT, ³ Tesista de Ingeniero Agrónomo en Horticultura

Resumen

La tierra de monte es el principal sustrato utilizado en la producción de cultivos ornamentales por los viveristas de la Región Lagunera, con el propósito de reducir el impacto ambiental que ocasiona el uso de la tierra de monte, se evaluaron distintos sustratos formulados con tierra de monte y perlita sobre el desarrollo de *Vinca rosea*, en las siguientes proporciones (v/v): 100:0, 75:25, 50:50, 25:75; el desarrollo de la planta, en términos de brotes secundarios, peso seco del tallo y peso fresco de la raíz correspondió al tratamiento con 25:75 tierra de monte: perlita, con valores superiores al sustrato tradicional de tierra de monte

Palabras clave: *Plantas en macetas, sustratos*

Abstract

The forest top soils is the main substrate used in the production of ornamental crops by growers, in order to reduce the environmental impact caused by the use of forest topsoil were assessed with different substrates formulated forest soils and perlite on the development of *Vinca rosea*, in the following proportions (v/v): 100:0, 7:25, 50:50, 25:75. Development of the plants in terms of secondary growth, dry weight stem and root fresh weight or treatment corresponded to 25:75 forest soils :perlite medium, with values higher than traditional forest topsoil's

Keywords: *Potted plants, substrate.*

Introducción

El cultivo de especies ornamentales en macetas presenta diferencias sustanciales respecto del cultivo de estas en suelo. Al cultivar en contenedor las características físico-químicas y biológicas del sustrato resultan decisivas en el desarrollo de la planta. En el caso del cultivo de plantas ornamentales en macetas, la absorción por las raíces de oxígeno, agua y nutrientes se encuentra limitado por el volumen del contenedor (Abad, 1993). Esto obliga a proporcionar a la planta una alta frecuencia de riego con la finalidad de que exista agua y nutrientes disponible, lo que podría provocar problemas de aireación. El conocimiento de los materiales que tienen potencial para ser usados en la preparación de sustratos es un tema de mayor importancia para los productores viveristas, los cuales, actualmente manejan sustratos sin el conocimiento preciso de sus características físico-químicas, con resultados que pueden ser mejorados a medida que el sustrato se prepare pensando en las necesidades propias de cada especie (Acosta, 2004). La mezcla de diversos sustratos, mejoran las características física, químicas del sustrato, evitando la hipoxia, el cual además de dar soporte a la planta, y además de dependiendo de su origen pueden proporcionar elementos nutritivos al cultivo. En los viveros de la Región Lagunera se produce una gran cantidad de especies ornamentales en maceta destacando el género *Vinca*, conocido comúnmente como "Tasita", que es un arbusto de hoja perenne cuyas flores, individuales y en diferentes colores como blanco, rosa, lavanda o púrpura aportan un gran colorido al jardín, para el desarrollo de esta especie en macetas, se utiliza como sustrato, la tierra de monte; Sin embargo su uso como principal componente en la elaboración de los sustratos ocasiona un impacto ambiental indeseable (García *et al*, 2001). Por lo cual es urgente la búsqueda de otros materiales naturales que pudieran utilizarse, como una alternativa, para mejorar los sustratos y sustituir el uso de la tierra de monte, sin disminuir la calidad de las especies ornamentales producidas.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el área con malla sombra (60%) del Departamento de Horticultura de la UAAAN, Unidad Laguna, durante los meses de junio a noviembre de 2010. Se evaluaron cuatro tratamientos, que se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el desarrollo de *Vinca rosea* en maceta.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION
1	100% de tierra con hojarasca (TCH)/ 0% perlita
2	75% TCH/ 25% de perlita
3	50% TCH /50% perlita
4	25% TCH/75% perlita

Se utilizó el diseño experimental totalmente al azar, 15 repeticiones por tratamiento, una planta por maceta (unidad experimental) y una mezcla de colores de *Vinca* spp. La semilla se adquirió en "Semillas Tinajero", de Xochimilco, DF. El análisis de la tierra con hojarasca mostro un alto contenido de sales (7.24 dS m^{-1}), motivo por el cual se realizaron dichas mezclas de sustratos, además al inicio del experimento se realizaron dos riegos pesados para provocar la lixiviación de las sales solubles.

Las variables respuesta consistieron en: Altura de planta, Diámetro del tallo, No. de brotes secundarios, No. de flores, Diámetro de las flores, Peso fresco y seco de tallo, Peso fresco y Peso seco de la raíz. Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS y para las comparaciones de medias se uso la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Para las variables, Altura de planta, Diámetro del tallo, Numero de flores, Diámetro de las flores, Peso fresco de tallo y Peso seco de raíz no mostraron diferencias significativas.

En las variables No. de brotes secundarios, Peso seco del tallo y Peso fresco de la raíz se encontraron diferencias significativas como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Efecto del sustrato sobre el No. de brotes secundarios, peso seco del tallo y peso fresco de la raíz de *Vinca rosea*.

Tratamiento	No. Brotes sec.	Peso seco tallo (g)	Peso fresco raíz (g)
100% TCH	16.35b*	12.8ab	6.0ab
25% perlita+75% TCH	20.07a	10.8 ab	6.4ab
50% perlita+50% TCH	20.57a	8.9b	5.7b
75% PERLITA+25% TCH	20.13a	14.7a	7.6a

*Medias con diferente letra en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En las tres variables respuesta sobresale el tratamiento 4 y aunque para el No. de flores no se encontró diferencia significativa, también fue el de mayor valor, con 64 flores, en comparación con el testigo que obtuvo 56.

Los resultados anteriores que corresponden al tratamiento 4, con el mayor porcentaje de perlita (75%) y con el menor % de TCH (25%), se deben a que este tratamiento exhibió menor densidad aparente (mayor aireación) y conductividad eléctrica, debido a la menor proporción de TCH disminuyó el efecto de sales, causando un efecto contrario en el Testigo. De acuerdo con Cabrera (2002) el sustrato deberá tener una porosidad total de por lo menos 70% (en base a volumen). Más importante aún es conocer como la porosidad total está repartida entre aquel espacio ocupado por agua y aire. La porosidad de aire (espacio ocupado por aire en el sustrato), es probablemente la propiedad física más importante de los sustratos empleados en la horticultura ornamental.

Estos resultados difieren de los obtenidos por Acosta (2007), al evaluar el efecto del sustrato en el crecimiento inicial de *Vinca*, utilizando porcentajes mayores de mezclas de Tierra con hoja (40-50-

60%), fibra de coco (15-10-10%), aserrín (30-30-30% y agrolita (15-10%), estas diferencias probablemente sean debido a la baja conductividad eléctrica de los sustratos utilizados.

Conclusiones

El desarrollo de la planta, en términos de No. de brotes secundarios, peso seco del tallo y peso fresco de la raíz correspondió al tratamiento con 75% de perlita+25% de TCH.

Literatura citada

- Abad, M y P. Noguera. 1997. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Manual de cultivo sin suelo. Ed. M. Urrestarazu. Universidad de Almería. Servicio de publicaciones. Pp. 101.105.
- Acosta-Durán, C.M et al. 2007. Efecto del sustrato en el crecimiento inicial de plantas ornamentales en contenedor. Investigación Agropecuaria. Volumen 4. P. 1-8. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Cabrera, R.I. 2002. Manejo de sustratos para la producción de ornamentales en maceta. Arch. UAAAN. Agr. (on line) 2008.
- García, C.O; Alcántar, G.G.; Cabrera, R. I.; Gavi. R.F.; Volke, H., V. 2001. Evaluación de sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *Spathiphyllum wallisii* cultivadas en maceta. *Terra Latinoamericana* 19: 249-258.

APLICACIÓN DE *Rhizobium japonicum* Y *Glomus spp.* EN EL RENDIMIENTO DE SOYA *Glycine max* (L) Merril BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL, EN TAPACHULA, CHIAPAS; MÉXICO.

Lerma Molina¹, José Noé, Salgado Mora², Marisela Guadalupe, Toledo Toledo², Ernesto y Marroquín Agreda², Francisco Javier
Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas^{1,2}. josenoelm@prodigy.net.mx

Introducción

El cultivo de soya ocupa gran importancia económica en la costa de Chiapas, en la región mejor conocida como el "Soconusco" donde se siembran aproximadamente 12,788.3 ha (Orozco, 2005), cuyos rendimientos desde su introducción en esta zona (1975) superan significativamente el promedio nacional registrado en otras regiones productoras de soya de México; para aumentar la productividad en las áreas existentes del Soconusco, uno de los componentes que más repercute en el incremento son los genotipos con alto potencial de rendimiento y su adaptabilidad al ambiente tropical existente, esta planta se asocia con diversos microorganismos, para promover su crecimiento y desarrollo de los pelos radicales. Además, intervienen en la absorción de N, P y K y, en algunos casos, inhiben el desarrollo de patógenos al quelatar el ion Fe, cuya forma no es disponible para ellos (Okon y Kapulnik, 1986).

En la actualidad, la inoculación doble en las leguminosas con *Rhizobium* y otros microorganismos, como el *Glomus spp.*, han tenido una interacción positiva en el desarrollo radical de la planta de soya, en la absorción de agua y nutrimentos, especialmente fósforo, se favorecen la nodulación y fijación de nitrógeno e induce su rendimiento de grano por unidad de superficie (Fobert *et al.*, 1991.). El objetivo del estudio fue evaluar el rendimiento y contenido de aceite en soya, en respuesta a la aplicación de *Rhizobium japonicum* y *Glomus spp.* aplicados a la semilla.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el rancho "San Alejo" del Municipio de Tapachula, Chiapas, durante el período de junio a noviembre de 2009, en condiciones de temporal, utilizando la variedad de soya Huasteca 300, desarrollada y liberada en el Campo Experimental Sur de Tamaulipas, como inoculantes se utilizó el biofertilizante INIFAP^{MR} a base del hongo *Glomus spp.* reproducido en suelo estéril con al menos 40 esporas por gramo de suelo y 95% de infección en el sistema radical de la planta hospedera, para la bacteria nitrificante se utilizó el inoculante comercial Nitrobac S con 1×10^9 bacterias de *Rhizobium japonicum* por gramo, para lo anterior, se instaló un experimento con un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones: *Rhizobium japonicum*, *Glomus spp.*, *Rhizobium japonicum* + *Glomus spp.* y un testigo.

Estos microorganismos se inocularon a la semilla según el tratamiento, práctica realizada al momento de la siembra; se le dio un manejo convencional a la planta durante todo el ciclo del cultivo y se midieron todas las siguientes variables: Características físicas y químicas del suelo, Días a floración, Altura a las primeras vainas, Número de vainas por planta, Nodulación/ planta /tratamiento, Altura final de la planta, Peso de cien granos, Rendimiento por hectárea y Contenido de aceite en semilla por tratamiento.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos indicaron que *Glomus spp.* influyó en las variables agronómicas y en el peso del grano, mientras que el tratamiento con *Rhizobium japonicum* + *Glomus spp.* fue superior en las variables de rendimiento y contenido de aceite, produciendo 4.14 tha^{-1} y 36.91% de aceite, superándose la media regional en rendimiento y en cinco puntos el contenido de aceite; concluyendo que la aplicación de microorganismos inoculados a la semilla de soy, incrementan el rendimiento de grano y contenido de aceite.

Literatura citada

- Okon, Y. y Y. Kapulnik. 1986. Development and function of *Azospirillum* inoculated roots. *Plant Soil* 90: 3-16.
- Orozco, M.N. 2005. *Fisiología Vegetal*, traducción del inglés por Francisco Latorre. Edit. UTEHA. México. Pp. 198-199.
- Fobert P.R., N. Roy, J. H. E. Nash and V. N. Lyster. 1991. Procedure for obtaining efficient root nodulation of a pea cultivar by a desired strain and preempting nodulation by other strains. *Appl. Environ. Micro.* 57 (6), 1590-1594.

RESPUESTA DE MAÍZ MICORRIZADO EN SEIS LOCALIDADES DEL ESTADO DE MÉXICO

Martha B. G. Irizar Garza¹, Bertha Larqué Saavedra¹, **Jacob Antonio González²** y Margarita Díaz Valasis¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. ² Secretaría de Educación Pública. Jacob_antonio@yahoo.com

Resumen

El Estado de México cuenta con una amplia superficie de siembra de maíz en condiciones de temporal. En estas condiciones una alternativa para la producción es el uso de biofertilizantes microbianos. Los hongos micorrízicos pueden aportar, mediante su micelio, tolerancia a ciertos niveles de estrés hídricos y la absorción de nutrimentos a la planta. El objetivo del presente trabajo fue validar el uso de micorriza arbuscular en el cultivo de maíz en diferentes localidades de temporal. Durante el 2009, se exploraron seis localidades del estado de México con mediano y bajo potencial productivo para el cultivo de maíz. Las prácticas agronómicas y el material genético fueron las utilizadas por el productor en la cada localidad. Los tratamientos incluyeron un testigo (absoluto y/o del productor) y con micorriza (*Glomus intraradices*). El tamaño de parcela fue de 5000 m². Se realizaron análisis de suelo y se determinó altura de planta, rendimiento de paja y grano al final del ciclo. Las ventajas que aporta la micorrización dependió de factores que mantienen en estrés a la planta como el potencial productivo bajo o altas concentraciones de fósforo combinado con pH ácido.

Palabras clave: suelo, *Glomus intraradices*, *Zea mays*

Abstract

The State of Mexico has a large area of corn planting in rainfed conditions. In these conditions, an alternative for the production is the use of microbial biofertilizers. Mycorrhizal fungi can contribute, through its mycelium, to tolerate certain levels of water stress and the uptake of nutrients to the plant. The aim of this study was to validate the use of arbuscular mycorrhizal fungi in maize in different locations with rainfed conditions. During 2009, we explored six locations in the state of Mexico with middle and low productive potential for growing corn. Agronomic practices and genetic material were used by the producer in each locality. Treatments included a control (absolute and/or producer's) and mycorrhiza (*Glomus intraradices*). The plot size was 5000 m². Soil tests were conducted and plant height, straw yield and grain at the end of the cycle was determined. The advantages of mycorrhization depended on factors that keep the plant in stress conditions like low or high productive potential, the same as phosphorus concentrations combined with acid pH.

Key words: soil, *Glomus intraradices*, *Zea mays*

Introducción

Considerando la superficie sembrada (587420.98 ha) de maíz en el estado de México en el 2009, el 80.85% fue bajo temporal, donde el rendimiento de maíz para grano en esta condición fluctuó de 4 hasta 0.8 t ha⁻¹ con un promedio de 2.2 t ha⁻¹. Estas diferencias en rendimiento se deben a factores como heladas tempranas severas, sequías y deficiencias nutricionales (SIAP, 2011). El uso de biofertilizantes microbianos en el cultivo de maíz ha tenido avances en los sistemas de producción de subsistencia principalmente y en algunas actividades empresariales. En México han sido poco utilizados por los agricultores, su uso en la producción agrícola nacional ha tenido mayor relevancia en las leguminosas, como el caso de la soya. En gramíneas fue hasta 1999 que se biofertilizaron grandes extensiones en el programa de Alianza por el campo. La aplicación de los biofertilizantes, integrados por los microorganismos, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Bradyrhizobium* y la micorriza-arbuscular en las áreas menos favorecidas, representaron una oportunidad para incrementar la productividad de los cultivos a bajo costo en zonas de mediano y bajo potencial productivo (Aguirre, 2006). Sin embargo existe una respuesta variable del cultivo a la inoculación que depende de varios factores.

El interés agronómico en la simbiosis micorrízica arbuscular, estriba en la capacidad adicional que le proporcionan las hifas externas a las raíces infectadas para absorber y transportar nutrimentos y agua del suelo a la planta, así como la acción indirecta en aumentar la fijación biológica de nitrógeno,

mineralización y/o solubilización de nutrimentos de la rizófora (Bolan, 1991). Dentro de los géneros de hongos micorrizicos existen algunos que tienen preferencia por determinados suelos, como en el caso de los arenosos, que han favorecido el desarrollo de *Gigaspora* sp. (Day, 1977) o los compactados que dificultan el crecimiento de las hifas de la mayoría de los hongos micorrizicos (Wallace, 1987). Por otro lado, el pH del suelo influye cualitativa y cuantitativamente en la eficiencia de los hongos micorrizógenos. En general, el encalado de los suelos ácidos favorece el establecimiento de los hongos, especialmente de aquellos del género *Glomus*. Los niveles de humedad del suelo, aireación, inundación y compactación influyen sobre el funcionamiento de la simbiosis. Los suelos con elevado contenido de humedad o inundados, presentan bajos niveles de O₂ y están generalmente desprovistos de micorrizas, ya que los hongos micorrizógenos son aerobios obligados. Los propágulos de estos hongos pueden sobrevivir en condiciones extremadamente secas, pero su mejor desarrollo se favorece en condiciones próximas a la capacidad de campo. La alternancia en los ciclos de humedecimiento y secado parece favorecer la esporulación de los hongos (Secilia y Bagyaraj, 1987). En forma general, la materia orgánica no afecta la colonización micorrizica, sin embargo Habte y Aziz (1985) analizaron la influencia de los residuos orgánicos en la simbiosis *Leucaena*-micorriza, y encontraron que los altos niveles de residuos orgánicos van asociados con una depresión en la colonización de las raíces por parte de la micorriza. Con relación a la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, la micorrización generalmente es inhibida en condiciones de elevada fertilidad. Existe además una importante interacción con otros microorganismos del suelo que benefician a las plantas, en cambio, la aplicación de algunos agroquímicos pueden limitar la simbiosis micorrizica.

El objetivo del presente trabajo fue validar el uso de micorriza arbuscular en el cultivo de maíz en diferentes localidades de temporal con características de suelo y ambiente contrastantes.

Materiales y métodos

Durante el ciclo primavera verano del 2009, se exploraron seis localidades del estado de México con mediano (MPP) y bajo potencial productivo (BPP) para el cultivo de maíz (González *et al.*, 1990): 1. San Marcos, Otumba (BPP); 2. Cuautlancingo, Otumba (BPP); 3. Valle de los espejos, Acambay (MPP); 4. Tlacoayo, Cuijingo, Juchitepec (MPP); 5. Sta. María Canchesda, Temascalcingo (MPP); 6. Los capulines, Jilotepec (MPP). Las prácticas agronómicas y el material genético fueron las utilizadas por el productor en cada localidad. El tamaño de parcela fue de 5000 m². Se utilizó el hongo micorrizico *Glomus intraradices*. Se realizó análisis de suelo y se determinó la altura de planta, rendimiento de paja y grano al final del ciclo. El diseño fue al azar para todas las parcelas cuyos tratamientos fueron con micorriza y sin micorriza (testigo del productor). El material genético que se sembró fue el que el productor tenía para la siembra, variando solo los tratamientos de fertilización para comparar con los tratamientos micorrizados. El manejo de cada parcela fue el que el productor tuvo en su localidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Manejo de parcelas de validación

Loc.	Material genético	DS ¹ (MPH)	IS ²	FQ ³ (NPK)	Tratamiento ⁴
1	Criollo azul H42-01/ H42-06/ H32	55	tractor	8.5-8.5-8.5	CM +FQ
		60			SM+FQ
2	Criollo	55	yunta	Ninguna	CM
					SM
3	Criollo amarillo	55	sembradora	135-60-30 Estiércol 8 t ha ⁻¹	CM
					SM
4	Criollo blanco	60	manual	186-25.5-25.5	CM
					SM
5	Hibrido cromo 034	85	sembradora	160-68-71	CM
					SM
6	Hibrido SB 102	60	tractor	82.4-46-00	CM+50%FQ
					SM+ 50%FQ
					SM

¹ Densidad de siembra (miles plantas por hectárea); ² implemento de siembra; ³ fertilización química; ⁴CM=con micorriza, SM= sin micorriza.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza para la variable rendimiento de paja mostró diferencias significativas por cultivar (Pr>F 0.0346), mientras que para rendimiento de grano hubo diferencias estadísticas para

cultivar y tratamiento ($P > F$ 0.0259 y 0.0691 respectivamente). Hubo diferencias significativas por localidad ($P > F$ 0.0001) para las tres variables.

El rendimiento de grano se incrementa con la inoculación de micorriza en las localidades de BPP (SMO, CO) (Figura 1), lo cual coincide con pH neutro y bajo contenido de materia orgánica (Cuadro 2). En localidades de MPP (A y TJ) donde se utilizaron criollos, la micorrización favoreció el rendimiento de grano, mientras que en las localidades T y CJ, donde se utilizaron híbridos, los rendimientos de los tratamientos micorrizados fueron menores a los testigos no inoculados (Figura 1), esto debido a factores como el tratamiento a la semilla, porcentaje de materia orgánica mayor del 2 % (Habte y Aziz, 1985) y en el caso de la localidad T la concentración de fósforo disponible es alta combinado con pH ácido, todos ellos factores que pueden inhibir la colonización de *G. intraradices* (Bethenfalvy y Dakessian, 1984; Secilia y Bagyaraj, 1987).

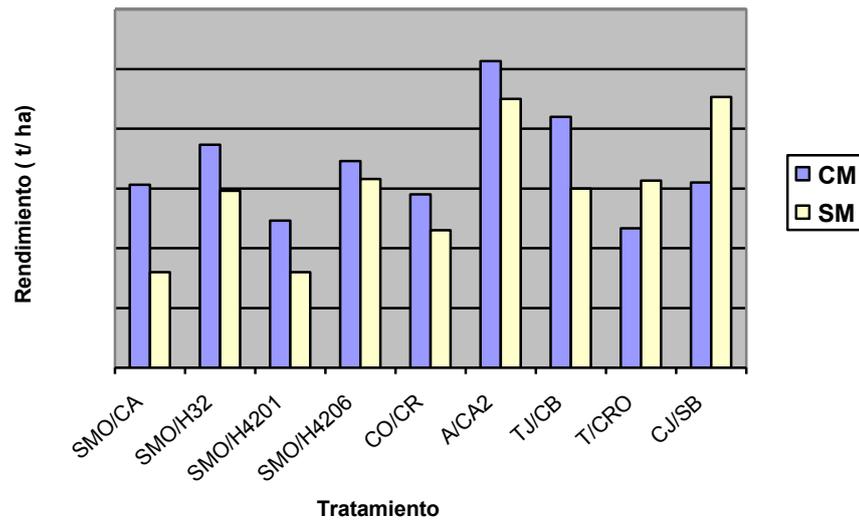


Figura 1. Rendimiento por tratamiento en cada localidad. SMO=San marcos, Otumba; CO=Cuautlacingo, Otumba; A=Acambay; TJ= Tlacuayo, Juchitepec; T=Temazcalcingo; CJ=Los Capulines, Jilotepec; CA= criollo azul; híbridos H32, H42-06, H42-01 ciclo 2001 y 2006; CR=Criollo; CA2=Criollo amarillo; CRO=Híbrido Cromo 034 (CROMO SEED); SB=Híbrido SB-102 (Berensen).

Cuadro 2. Análisis de suelo de la localidad y tratamiento a la semilla.

Análisis suelo	LOC					
	SMO (BPP)	CO (BPP)	A (MPP)	TJ (MPP)	T (MPP)	CJ (MPP)
Textura*	F	F	Arc	F-Ar	F-Arc	F-Arc
pH	7	7.36	5.11	5.09	5.45	4.7
MO (%)	1.75	0.67	1.88	1.21	2.42	2.96
N (mg/kg)	20.04	15.6	26.0	45.9	37.6	23.14
P (mg/kg)	123.36	6.83*	24.13	131.0	186.68	18.45
Ca (mg/kg)	212	2857	1985	633	1737	94
Material genético**	CA/H	CR	CA2	CB	CRO	SB
Fungicida**	CA/ninguno H/Contacto	Ninguno	Ninguno	Ninguno	Contacto	Sistémico

SMO=San marcos, Otumba; CO=Cuautlacingo, Otumba; A=Acambay; TJ= Tlacuayo, Juchitepec; T=Temazcalcingo; CJ=Los Capulines, Jilotepec; *F=franco, Arc=arcilloso. Ar=arenoso; CA= criollo azul; H= híbridos H32, H42-06, H42-01 ciclo 2006 y H42 ciclo 2001; CR=Criollo; CA2=Criollo amarillo; CRO=Híbrido Cromo 034 (CROMO SEED); SB=Híbrido SB-102(Berensen).

Conclusión

Las ventajas que aporta la micorrización dependió de factores que mantienen en estrés a la planta como el potencial productivo bajo o altas concentraciones de fósforo combinado con pH ácido.

Literatura citada

- Aguirre-Medina, J. F. 2006. Biofertilizantes microbianos: experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 201 p.
- Bethlenfalvay G.J. and Dakessian S. 1984. Grazing effects on mycorrhizal colonization and floristic composition of the vegetation on a semiarid range in northern Nevada. *Journal. of Range Management.* 37: 312–316.
- Bolan, N. S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil.* 134:189-207.
- Day, J. M. 1977. Nitrogen-fixing associations between bacteria and tropical grass roots. Chapter 23. . *In; Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics.* A. Ayanaba and P. J. Dart (Eds) John Wiley and Sons. p. 273-288.
- González A, I.J., Turrent F.A. y Aveldaño S. R. 1990. Provincias agronómicas de las tierras de labor bajo temporal, en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. D.F. pp: 103.
- Habte, M. and T. Aziz. 1985. Responses of *Sesbania grandiflora* to inoculated of soil with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Appl. Environ. Microbiol.* p. 701-703.
- Secilia, J. and D.J. Bagyaraj. 1987. Bacteria and actinomycetes associated with pot cultures of vesicular-arbuscular mycorrhizal. *Can. J. Microbiol.* 33: 1067-1073.
- SIAP, 2011. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351
- Wallace L L. 1987. Mycorrhizal in grasslands: interactions of ungulates, fungi an drought. *New Phytologist* 105: 619-632.

EFFECTIVIDAD DE CEPAS DE MICROORGANISMOS PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE SERRANO

Mata Vázquez Horacio^{1*}, Patistán Pérez Juan¹, Ma. De los Ángeles Peña Del R². Vázquez García Enrique¹, Ramírez Meráz Moisés¹

¹Campo Experimental Las Huastecas - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Villa Cuauhtémoc, Tamaulipas. Email: mata.horacio@inifap.gob.mx

²Campo Experimental General. Terán,-INIFAP, Km. 31 Carretera Montemorelos-China Ex hacienda Las Anacuas, C.P. 67400, Teléfono: 01-826-2670260, General Terán, Nuevo León.

Resumen

El cultivo de chile serrano en el sur de Tamaulipas se establece principalmente en suelos arcillosos con bajos contenidos de materia orgánica y con problemas de disponibilidad de fósforo y zinc. Los fertilizantes inorgánicos y los pesticidas han sido usados para incrementar la producción del cultivo, la situación actual de estos productos son sus costos altos y son principales fuentes de contaminación. Como alternativa e inofensiva con el medio ambiente es inoculación de microorganismos. El presente trabajo de investigación fue establecido con el objetivo de evaluar la efectividad de seis cepas de microorganismos más fertilización inorgánica sobre el rendimiento de chile serrano. La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Las Huastecas INIFAP, Altamira, Tamaulipas la cual consistió en evaluar la respuesta fertilización inorgánica al 75 y 100% como testigos y de seis biofertilizantes más la aplicación de 75% de la fertilización inorgánica. El diseño experimental fue un diseño completo al azar con seis repeticiones y se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$). La efectividad de las cepas y la aplicación de fertilizantes inorgánicos variaron sobre el rendimiento total del cultivo. La fertilización inorgánica al 75 y 100% no presentó variación en el rendimiento, los mejores tratamientos sobre el rendimiento del cultivo fueron *Gigaspora a. C₂* y *C₆*, y *Glomus m. C₅*, con un rendimiento promedio de 60, 63 y 62 ton/ha, respectivamente. En conclusión, la implementación de las cepas nuevas en el cultivo de chile serrano es una opción que pueden ser aplicadas en la producción de cultivo.

Palabras claves: *chile serrano, biofertilizantes, cepas*

Abstract

Serrano pepper production in South of Tamaulipas is mainly established in clay soils with low organic matter content and problems of Phosphorous and Zinc availability. The inorganic fertilizers and pesticides have been used to increment the crop yield; the matters of these products are their high costs also are pollutants. The uses of microorganisms are alternative and are friendly with the ecosystem; thereby this research was established in order to evaluate the effectiveness of six microorganism strains plus inorganic fertilization on Serrano pepper yield. The research was carried out at Las Huastecas-INIFAP institution, Altamira, Tamaulipas which were assessed the response of inorganic fertilization at 75 and 100% as controls and six biofertilizers plus 75% of inorganic fertilization. The crop yield was analyzed with ANOVA procedure and Duncan ($p \leq 0.05$). The effectiveness of strains and inorganic fertilization application varied on the total crop yield. Fertilizing 75 or 100% with inorganic fertilization, the total yield of serrano pepper did not show difference between them, however the best treatments were *Gispora a. C₂* and *C₆*, and *Glomus m. C₅* with yield over 60, 63 and 62 ton/ha, respectively. Over all, the implementation of new strains on Serrano pepper is an option that could be applied on this crop production.

Key Words: *Serrano pepper, biofertilizers, strains*

Introducción

La superficie sembrada de chile a nivel nacional en los últimos 10 años ha sido en promedio de 156 mil hectáreas anuales, de las cuales se cuantificaron casi nueve mil hectáreas de chile serrano y alrededor de 3100 ha en Tamaulipas (Mata-Vázquez, Vázquez-García et al. 2010). El sur de Tamaulipas es un área importante en la producción de chile serrano durante otoño - invierno para el mercado nacional, y Estados Unidos. Este cultivo se establece principalmente en suelos arcillosos (vertisoles) con bajos contenidos de materia orgánica, pobres y con problemas de disponibilidad de

fósforo y zinc, debido al pH alcalino alto (Mata-Vázquez, Vázquez-García et al. 2010). Los fertilizantes como fuentes de nutrientes para las plantas, y los pesticidas como medidas de protección, han sido usados para incrementar la producción del cultivo (Javaid 2010), la situación actual de estos productos químicos son sus costos altos y también son principales fuentes de contaminación. Como alternativa económica e inofensiva con el medio ambiente es el uso de biofertilizantes (inoculación de microorganismos), opción que podría sustituir en gran parte la aplicación de tratamientos inorgánicos en la producción de chile serrano. Microorganismos como *Pseudomonas* y bacterias del género *Azospirillum* (Aguirre 2004; Hartmann, Smalla et al. 2006), fijan nitrógeno directamente del ambiente, las *Micorrizas arbusculares* ayudan a solubilizar el fósforo en el suelo en especies como maíz, arroz, trigo y caña de azúcar (Dobereiner 1997; Jansa, Finlay et al. 2011). Las bacterias de ácido láctico *Lactobacillus plantarum*, *L. casei* y *Streptococcus lactis* producen ácido láctico a partir de azúcares y carbohidratos producidos por otras bacterias y hongos, el cual es un compuesto esterilizante que suprime el ataque de microorganismos dañinos tales como *Fusarium* (Higa and Kinjo 1991). La aplicación de estos biofertilizantes al cultivo, más la incorporación de biocompostas y una dosis parcial de fertilización inorgánica se obtienen rendimientos más altos que solo con fertilización inorgánica al 100% (Hussain, Javaid et al. 1999; Hussain, Anwar-ul-Haq et al. 2000; Javaid 2010). Los efectos positivos en el rendimiento y calidad de la cosecha del uso de biofertilizantes se han obtenido en diferentes cultivos tales como chile (García, Nav et al. 2010), *Capsicum annuum* L., papa dulce (*Ipomoea batatas* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), así como en rábano, repollo, lechuga, (Sangakkara, et al. 1998; Sangakkara, 1998; Lee, 1994; Naseem, 2000), maíz (Villalobos, Medina et al. 2010), avena (Amado, Denise et al. 2010), frijol, sorgo (Aguirre, Irizar et al. 2010; Elizondo, Maldonado et al. 2010), y en otros cultivos. En síntesis, los microorganismos tienen efectos directos (Kim and Lee 2000; Ranjit, Sasikala et al. 2007) y otros ayudan a otros microorganismos benéficos (efectos indirectos), sintetizando sustancias útiles (Higa 2000; Hussain, Anjum et al. 2002). El presente trabajo investigación fue establecido con el objetivo de evaluar la efectividad de seis cepas de microorganismos más la aplicación 75% de la dosis total de fertilización inorgánica en el cultivo de chile serrano.

Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en un suelo vertisol del Campo Experimental Las Huastecas INIFAP, Tampico, Altamira, México durante el ciclo agrícola otoño - invierno 2010 - 2011, el cual consistió en evaluar la respuesta de la fertilización química al 75 y 100% como testigos y de seis biofertilizantes más la aplicación de 75% de la fertilización química (F.Q., Cuadro 1). La fertilización química fue determinada mediante el análisis de suelo y el modelo: $DOSIS = (DEMANDA - SUMINISTRO) / EFICIENCIA\ RECUPERACIÓN\ FERTILIZANTE$ (Etchevers and Galvis 1995). Las semillas de chile serrano fueron sembradas en charolas y posteriormente las plántulas, entre 40 - 45 días después de la siembra, se trasplantó en camas de seis metros con una separación de 1.84 m entre camas (Figura 1). El diseño experimental fue completo al azar con seis repeticiones y se realizaron comparaciones de medias con la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la variable rendimiento total.

Cuadro 1. Tratamientos de aplicación de biofertilizantes en el cultivo de chile serrano durante el trasplante.

Cultivo	Tratamientos							
	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈
Chile serrano	Glomus m. C ₁	Gigaspora a. C ₂	Sclerocystis c. C ₃	Glomus m. C ₄	Glomus m. C ₅	Gigaspora a. C ₆	F.Q. 100%	F.Q. 75%

Dosis 500 g por hectárea.



Figura 1. Proceso de siembra y trasplante de cultivo chile serrano en campo.

Resultados y discusión

La fertilización inorgánica al 75 y 100% no presentó variación sobre el rendimiento ($\alpha = 0.05$), el cual indica que es posible obtener rendimientos entre 56 y 57 t ha⁻¹ aplicando únicamente el 75% de la dosis total. La efectividad de las cepas más la aplicación de fertilizantes inorgánicos al 75% variaron sobre el rendimiento total del cultivo. Los mejores tratamientos fueron *Gigaspora a. C₂* y *C₆*, y *Glomus m. C₅*, con un rendimiento promedio de 60, 63 y 62 ton/ha (Figura 2), sin embargo los tratamientos 1, 3 y 4 oscilaron entre 50 y 58 ton/ha. Bajo este manejo, aplicando fertilización inorgánica al 75% más biofertilizantes, es posible incrementar 10% más de la producción, reducción de costos de adquisición y aplicación de los insumos inorgánicos. La efectividad de los microorganismos entre especies, condiciones ambientales, condición biológica del suelo y entre cultivos (Javaid 2010), aplicaciones de dosis parcial de la fertilización inorgánica NPK más la aplicación de biofertilizantes y compostas incrementan el rendimiento de los cultivos de arroz, trigo Hussain et al. (1999), (2000), cebolla, chicharo, y maíz dulce, obteniendo rendimientos de 29, 31 y 23% mayor que el testigo (Daly and Stewart 1999).

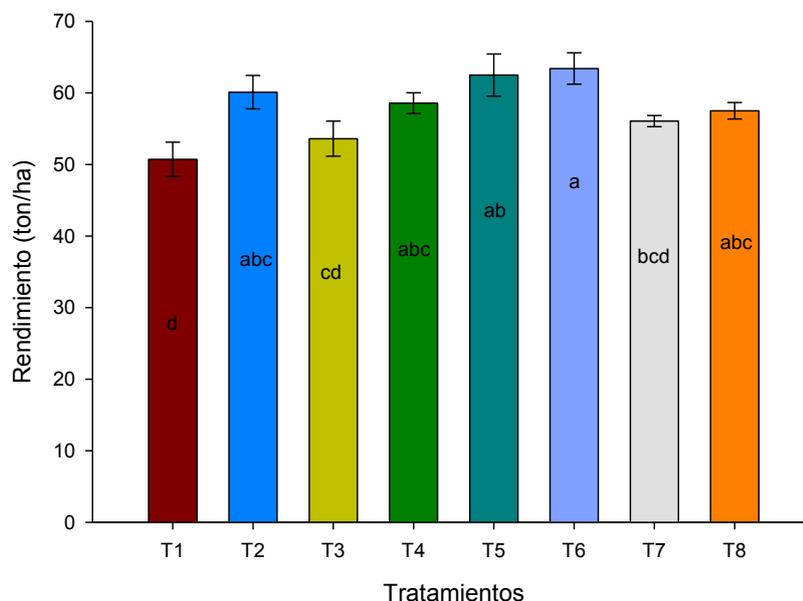


Figura 2. Rendimiento de chile serrano bajo condiciones de fertirriego con fertilización inorgánica al 75% más aplicaciones de biofertilizantes. Medias n=6 ($\alpha = 0.05$), prueba de Duncan.

Conclusiones

En conclusión, la implementación de las cepas nuevas en el cultivo de chile serrano es una opción que pueden ser implementadas en la producción de cultivo. Aunque es necesario evaluar la efectividad de las cepas más sobresalientes con diferentes tipos de inoculación y fertilización abajo del 75% de la fertilización inorgánica, de esta forma incrementar más del 10% de rendimiento y reducir los costos de adquisición de fertilizantes.

Literatura citada

- Aguirre, M. J. F. (2004). Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa de biofertilizantes y resultados de validación en México. In: Memorias del Simposio de Biofertilizantes. "La Biofertilización como una Tecnología Sostenible", Río Bravo, Tamps.
- Aguirre, M. J. F., G. M. B. Irizar, et al. (2010). Los Biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en Mexico. Tuxtla Chico, Chiapas, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa.
- Amado, A. J., H. M. Denise, et al. (2010). Hongos y bacterias INIFAP combinados con fertilizantes químicos para el incremento de la productividad de avena. Cuauhtémoc, Chihuahua, INIFAP-CIRNC-CESCH.
- Daly, M. and D. Stewart (1999). "Influence of "Effective microorganisms" (EM) on vegetative production and carbon mineralization - a preliminary investigation." *J. Sustain Agric* **14**: 15-25.
- Dobereiner, J. (1997). "Biological nitrogen fixation in the tropics: social and economics contributions." *Soil Biol Biochem* **27**: 771-774.
- Elizondo, B. J., M. N. Maldonado, et al. (2010). Cepas nativas de micorrizas Arbusculares para el cultivo de sorgo de Tamaulipas. Rio Bravo, Tamaulipas, Centro de Investigaciones Regional Noreste, INIFAP.
- Etchevers, B. and A. Galvis (1995). Estimation of crop nitrogen requirement by a simplified conceptual model. International Symposium of Fertigation, Technion, Haifa, Israel.
- García, S. J. A., P. R. J. Nav, et al. (2010). La nutrición orgánica como alternativa tecnológica para el cultivo del chile jalapeño en Quintana Roo. San Francisco de Campeche, Campo Experimental Chetumal-CIRSE.
- Hartmann, A., K. Smalla, et al. (2006). Microbial Diversity in the Rhizosphere: Highly Resolving Molecular Methodology to Study Plant-Beneficial Rhizosphere Bacteria. Biodiversity in Agricultural Production System. G. Benckiser and S. Schnell, Taylor & Francis: 101-120.
- Higa, T. (2000). "What is EM technology?" *EM World J* **1**: 1-6.
- Higa, T. and S. Kinjo (1991). Effect of lactic acid fermentation bacteria on plant growth and soil humus formation. Proceedings of the First International Conference on Kyusei Nature Farming, UDSA, Washington, DC.
- Hussain, T., M. Anwar-ul-Haq, et al. (2000). "Tehonology of effective microorganisms as an alternative for rece ans wheat in Pakistan." *EM World J* **1**: 57-67.
- Hussain, T., T. Javaid, et al. (1999). "Rice and wheat production in Pakistan with effective microorganisms." *Am J Alter Agric* **14**: 30-36.
- Hussain, T., A. Anjum, et al. (2002). "Tehonology of beneficial microorganisms." *Nat Farm Environ* **3**: 1-14.
- Jansa, J., R. Finlay, et al. (2011). Role of Mycorrhizal Symbioses in Phosphorus Cycling. Phosphorus in Action, Biological processes in Soil Phosphorus Cycling. E. K. Bünemann, A. Oberson and E. Frossard, Springer. **26**: 137- 168.
- Javaid, A. (2010). Beneficial Microorganisms for Sustainable Agriculture Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming. E. Lichtfouse, Springer. **4**: 347-369.
- Javaid, A. (2010). Beneficial Microorganisms for Sustainable Agriculture Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming. E. Lichtfouse, Springer. **4**: 347-369.
- Kim, J. and K. Lee (2000). "Mass production of Rhosopseudomonas palustris as diet for agriculture." *Aquacult Eng* **23**: 281-293.
- Mata-Vázquez, H., E. Vázquez-García, et al. (2010). Fertirrigación de Chile Serrano con Riego por Goteo en el Sur de Tamaulipas, INIFAP.

- Ranjit, N., C. Sasikala, et al. (2007). "Catabolism of 1-phenylalanine and 1-tyrosine by *Rhodobacter sphaeroides* OU5 occurs through 3, 4-dihydroxyphenylalanine." *Res Microbiol* **158**: 506-511.
- Villalobos, G. A., M. J. Medina, et al. (2010). Evaluación de biofertilizantes (Micorriza y azospirillum) en el cultivo de maíz de temporal en el estado de Campeche 2009. San Francisco de Campeche, INIFAP.

PRODUCCION ORGANICA DE MAIZ FORRAJERO MEDIANTE EL USO DE MICORRIZAS Y ESTIERCOL BOVINO SOLARIZADO

García Reyes Moises¹, Luna Anguiano Jesus², Salazar Sosa Enrique³, López Martínez J. Dimas³, García Hernández J. Luis³, Héctor Idilio Trejo Escareño³, Ramírez Fernando⁴ y Hernández Espinoza Miguel¹.

¹Alumno de la Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable, ²Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales UJED, ³Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED, ⁴Escuela Preparatoria Diurna. UJED, E-mail: maestrillo14@hotmail.com

Resumen

La agricultura orgánica se basa en el uso de productos orgánicos y proscrib el empleo total de plaguicidas, en México se producen orgánicamente café, frijol, papa, maíz y hortalizas, la región lagunera por ser una de las cuencas lecheras mas importantes del país produce 1000 000 de toneladas de estiércol por año las cuales pueden ser tratadas y utilizadas perfectamente como abono orgánico para la producción de cultivos. En esta región se producen altas cantidades de forraje de maíz, sorgo o zacates para cumplir con la cantidad de alimento necesario para la alimentación del ganado en todo el ciclo, por lo anterior en el presente trabajo se estudiará el comportamiento de las micorrizas y estiércol bovino solarizado en el suelo y su efecto en la producción orgánica de maíz forrajero. El objetivo principal del presente trabajo es establecer una tecnología de producción orgánica de maíz forrajero en la Comarca Lagunera y además determinar el efecto del estiércol solarizado y micorrizas, así como su interacción en el desarrollo y producción del cultivo así y la calidad del suelo, los factores en estudio fueron estiércol solarizado (0, 20, 40, 60, y 80 t ha⁻¹) y un testigo químico con la dosis recomendada por el INIFAP y micorrizas, se utilizo un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas y cuatro repeticiones. Debido a que el estudio esta inconcluso únicamente se presentan avances de investigación donde se evaluaron altura y diámetro de planta y humedad y temperaturas del suelo.

Palabras clave: *abonos orgánicos, estiércol, micorrizas*

Abstract

Organic agriculture is based on the use of organic and total bans pesticide use in Mexico produces organic coffee, beans, potatoes, corn and vegetables, the Laguna area as one of the most important dairy areas of the country produces 1000000 tonnes of manure per year which can be treated and used perfectly as compost for crop production. In this region, produce high amounts of corn silage, sorghum and grasses to meet with the amount of food needed to feed live stock throughout the cycle, this in the present work we studied the behavior of mycorrhizae and bovine manure insolarized soil and its effect on organic production of forage maize. The main objective of this work is to establish an organic production technology of forage maize in the Laguna region and determines the effect of manure solarized and mycorrhizae, and their interaction in the development and yield and quality and soil, factors studied were solarized manure (0, 20, 40, 60, and 80 tha⁻¹) and chemical control with the dose recommended by INIFAP and mycorrhizae, we used a randomized block design under strip and four repetitions. Because the study is inconclusive only research advances are presented which evaluated height and diameter of plant and soil moisture and temperature.

Key Words: *organic fertilizers, manure, mycorrhizae.*

Introducción

La agricultura orgánica proscrib el empleo total de plaguicidas y se basa en la aplicación de abonos orgánicos y prácticas agrícolas que están diseñadas para restablecer y mantener un balance ecológico de la biodiversidad genética (Pérez y Landeros, 2009). Espinoza *et al.* (2007) señalan que la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional y que mas que una tecnología de producción, es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales, sino también en un mayor valor agregado y una cadena de comercialización mas justa. La producción de forrajes en México es importante debido a que constituyen una de las fuentes más económicas de nutrientes para la alimentación de los rumiantes, el cual aún cuando su

contenido de proteínas y minerales es bajo, es compensado por su alto contenido de fibras. Hoy en día la producción de forrajes de alta calidad, sin el uso de fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente del agua, es una necesidad en la Región Lagunera ya que es un área donde la limitación de este recurso es alarmante. En el caso del agua el uso de sistemas de riego que disminuyen las pérdidas por conducción, aplicación y evaporación son necesarias en la producción de cualquier cultivo.

México produce orgánicamente, estando entre los primeros cultivos café, frijol, hortalizas, maíz azul y blanco, manzanas, nueces, papaya, plátano, soya, entre otros, siendo el maíz el que ocupa el quinto sitio entre estas (Fortis *et al.* 2007). Actualmente en la región la producción promedio de maíz forrajero por ha es de 50 ton de forraje fresco y 15 ton de materia seca. El empleo de maíz en la alimentación animal tiene una gran versatilidad ya que puede ser consumido en verde, ensilado, seco (heno o rastrojo) o como grano (Reta, 2004). El sistema de riego por goteo subsuperficial (RGS) alcanza una de las mayores eficiencias en la aplicación de agua (95%). En la Región Lagunera los forrajes que en mayor superficie se cultivan son alfalfa, maíz, sorgo, avena, cebada, triticale y zacate ballico, siendo el cultivo de maíz forrajero el que ocupa un lugar de suma importancia en este patrón de cultivo, debido a su alto rendimiento energético que aporta a las raciones para ganado bovino lechero. La utilización de fertilizantes biológicos es un concepto que se ha puesto en práctica desde hace mucho tiempo en la Región Pampeana Argentina, pero en los últimos años ha tomado un impulso creciente, a partir del desarrollo de productos de mayor calidad, y orientados hacia nuevos cultivos. La colonización de hongos micorrízicos arbusculares en las células corticales de la raíz, promueven el desarrollo de la mayoría de los cultivos agrícolas estableciendo una asociación simbiótica con las plantas, mejorando su desarrollo y logrando una mayor absorción de agua y nutrientes. El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de los suelos degradados. Los abonos orgánicos son enmiendas que se incorporan al suelo para mejorar sus propiedades físicas, químicas, biológicas y con ello su fertilidad (FAO, 1991). En la región se producen aproximadamente 1,000,000 de ton de estiércol de bovino anualmente lo cual permite plantear una posibilidad de su utilización en la agricultura, de ahí la importancia de utilizar este desecho de la industria lechera en la producción de maíz forrajero reduciendo la utilización de productos químicos, costos de producción e índices de contaminación. Una manera muy eficiente y eficaz de eliminar los patógenos presentes en el estiércol y el suelo es utilizar la solarización, ya que con este método es posible obtener productos o sustratos inocuos, que pueden ser utilizados de manera segura en la producción de alimentos.

Materiales y Métodos

Localización geográfica

La Región Lagunera se localiza en la parte Centro-Norte del país. Esta se ubica entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud Oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud Norte, su altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m.

Ubicación del sitio experimental

El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), el cual se encuentra ubicado en el Km. 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo.

Características ecológicas del sitio

En Comarca Lagunera, Aguirre (1981), reporta un clima seco desértico con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 241.9 mm anuales y una temperatura media anual es de 21.5 °C con rangos de 33.7 como máximo y 7.5 como mínimo. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm y presenta una humedad relativa variada de acuerdo a la estación del año, con 31 % en Primavera, 47 % en Verano, 58 % en Otoño y 40 % en invierno (CNA, 1999).

Método de solarización del estiércol

Consiste en cubrir el estiércol con polietileno transparente de 100 micras de espesor y transparente el cual tiene la característica de almacenar calor y no dejarlo escapar por la luz solar captada (albedo), al solarizar el estiércol, se realizan montones (pilas) de estiércol, con no más de 1 metro de altura para aprovechar al máximo el calor, el polietileno se coloca lo más adherido al estiércol con el fin de evitar formaciones de bolsas de aire que puedan interferir en el calentamiento del mismo. La solarización se

lleva a cabo durante un mínimo de 3 meses y la manera de conocer la eficiencia de la solarización es cuando el estiércol pierde por completo su olor, por otra parte se debe monitorear la temperatura en épocas donde la radiación solar es mínima para asegurar que la temperatura que alcanza la pila es la ideal para la solarización perfecta y para la eliminación de patógenos y semillas de malezas. El plástico que se utilizara tiene las siguientes características: Fabricado por la empresa Plastoza, S.A del Estado de México, cuya descripción es PLANAT 180 x 1000 / 100 (1.80 m de ancho, 1000 m de largo y 100 micras de grosor y transparente).

Espacio de exploración

Los factores en estudio serán el cultivo de maíz con aplicación y sin aplicación de micorrizas y estiércol bovino solarizado con tratamientos de 20 en 20 hasta 80 Ton ha⁻¹), tal y como se muestra a continuación:

Factor A: CultivoA1 = con micorrizas A2 = sin micorrizas

Factor B: Estiércol bovino solarizado

B1 = 0 Ton ha⁻¹ (testigo) B2 = 20 Ton ha⁻¹ B3 = 40 Ton ha⁻¹

B4 = 60 Ton ha⁻¹ B5 = 80 Ton ha⁻¹ B6 = Fertilizante Químico

Establecimiento y conducción del experimento

Preparación del terreno

Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo y nivelación y marcado de parcelas en campo, aplicación del estiércol e instalación y prueba del sistema de riego.

Aplicación de estiércol solarizado

La aplicación del estiércol se realizó un mes antes de la siembra, con la finalidad principal de que el estiércol se mezclara con el suelo y así tener a una profundidad de 20 cm una cama de siembra con el estiércol incorporado, para poder iniciar con las actividades subsecuentes. El estiércol que se utilizó fue estrictamente de bovino del establo de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. El sistema de riego a utilizar es el de goteo subsuperficial (RGS); la cintilla de riego es de calibre 8 mill con emisores cada 30 cm y enterrada a una profundidad de 30 cm. y cuenta con las siguientes características: 1.- ID 16.15 mm = 0.636 in, 2.- W.T. 19 mm = 0.008 in, 3.- Flujo o presión 0.91 l/h, 4.- Espacios cada 0.3048 m, 5.- Longitud 2743 m, 6.- Marca netafim máxima presión 12 psi

Siembra y variedad

La siembra se efectuó en el ciclo primavera-verano el día 15 de abril de 2011, con una densidad de población de 120 000 pha⁻¹, se utilizara la variedad San Lorenzo.

Fertilización

Para el tratamiento con fertilización química se utilizó Urea y MAP con una dosis de 200-150-00 de N-P y K respectivamente que es la dosis utilizada por los productores de la región lagunera en la producción de maíz forrajero.

Riegos

Se aplicaron de uno a 2 riegos por semana por un lapso de 4 a 6 horas

Variabes a evaluar

Se evaluaron en planta altura, diámetro de tallo y rendimiento y en suelo humedad y temperatura, y para la interpretación de resultados, el análisis estadístico se realizara con el paquete computacional Statistical Analysis System Ver. 4.0.1111.

Resultados y Discusión

Rendimiento

Se llevo a cabo la cosecha a los 98 días después de la siembra (Figura 1), donde el análisis de varianza reporto una $p > F$ de 0.0050 para el factor estiércol mostrando el rendimiento mayor en la dosis de 80 t ha⁻¹, siendo el resto de estos y el testigo químico junto con el testigo absoluto estadísticamente iguales.

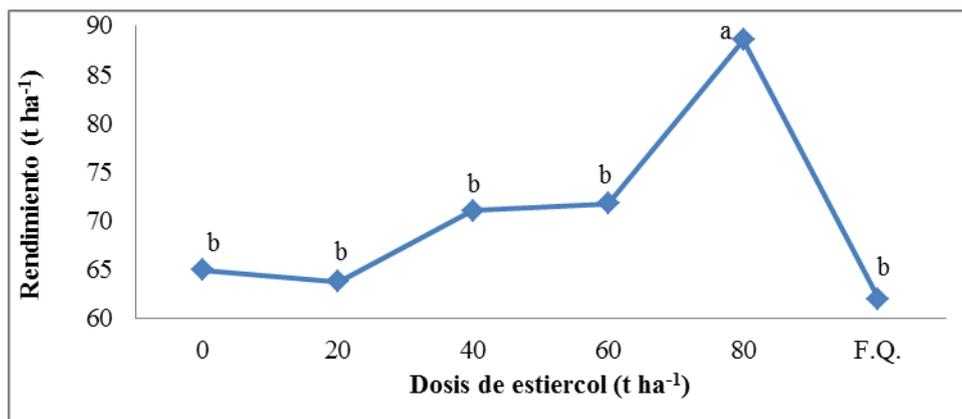


Figura 1. Rendimiento en el cultivo de maíz. CAE-FAZ-DEP-UJED.2011.

Diámetro de tallo

Para el diámetro polar los tratamientos estercolados reportan los valores mayores que el testigo y que incluso el fertilizante químico siendo notorio el incremento en las dosis de 80 t ha⁻¹ de estiércol solarizado. En lo respectivo al diámetro ecuatorial los valores tienen el mismo comportamiento siendo los valores mas altos los tratamientos estercolados (Figura 1 izquierda), siendo en el caso de las dos medidas de tallo siempre mayores en las micorrizas que sin micorrizas sin embargo el análisis estadístico no reporta estos valores con diferencia estadística.

Altura de planta

En cuanto a la altura de planta (Figura 1 derecha) los resultados muestran una diferencia considerable en cuanto a las dos quincenas de muestreo, el tratamiento de 80 ton ha⁻¹ sin micorrizas es el que muestra mayor altura de planta con casi 80 cm. de altura y el tratamiento que menor altura alcanzó fue el de cero estiércol con micorriza, sin embargo es notorio que entre los tratamientos con micorriza tienen una altura mayor que los tratamientos sin micorriza aunque en el primer año sin micorriza.

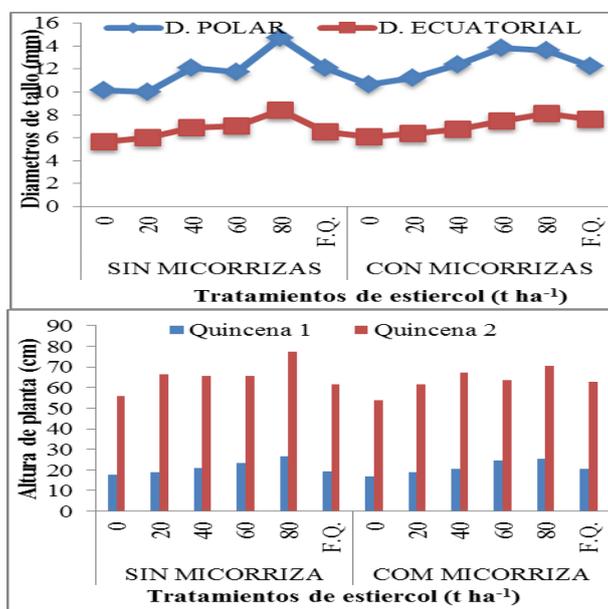


Figura 2. Diámetro polar y ecuatorial del tallo en el cultivo de maíz (izquierda) y altura de plantas en dos quincenas de muestreo (derecha). CAE-FAZ-DEP-UJED.2011

Porcentaje de humedad en el suelo

En cuanto a la humedad del suelo el tratamiento con mayor porcentaje de humedad fue el de 60 ton ha⁻¹ con micorriza, y el que muestra un menor porcentaje de humedad es el de 0 estiércol sin micorriza.

Temperatura del suelo.

La temperatura en casi todos los tratamientos se mantuvo entre los 29 y 31°C salvo en algunas repeticiones del tratamiento de 80 ton ha⁻¹ que obtuvieron hasta 33°C, lo cual indica que hubo una buena temperatura para la actividad microbiana y así una eficiente degradación del estiércol.

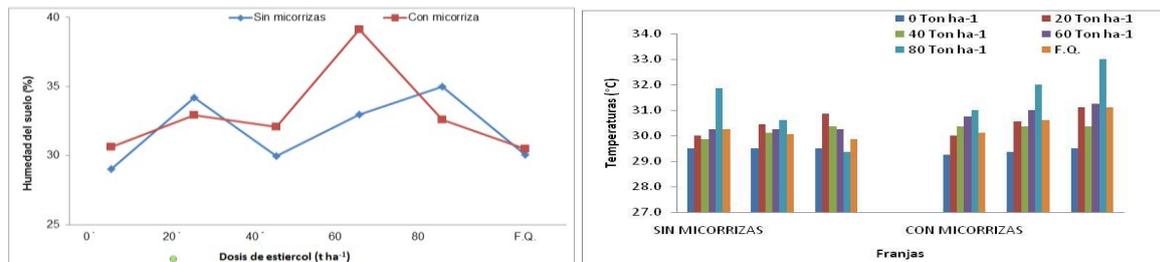


Figura 3. Humedad y temperaturas del suelo en el cultivo de maíz. CAE.FAZ-DEP-UJED.2011.

Conclusiones

- Por ser el primer año no se reportan diferencias en el rendimiento del cultivo.
- La Humedad del suelo es mayor en los tratamientos con dosis altas de abono.
- La temperatura del suelo es mayor en los tratamientos con estiércol.

Literatura citada

- Fortis M., Salazar E., Orona C. I., Leos R. J., Rodríguez R. C., Montemayor T. J., García S. J., Aldaco N. R. 2007. Capítulo I Estadísticas de la producción orgánica. Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. Impresos selectos ARAC. In Agricultura Orgánica tercera parte p.223.
- Pérez V. A. y Landeros S. C. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. Elementos: Ciencia y Cultura 16 (73): 19-25 in Agricultura Orgánica Tercera Parte p.3.
- Reta, S. D. G., J. A. Cueto-W. U. Figueroa-V. 2004. Efecto de la aplicación de estiércol y composta en maíz forrajero en dos sistemas de siembra. Informe de investigación. INIFAP. Campo Experimental La Laguna. Torreón, Coahuila. México.
- Espinoza V. J. L., Palacios E. A., Ávila S. N., Guillén T. A., De Luna P de la R., Ortega P. R. y Murillo A. B. 2007. La ganadería orgánica, una alternativa de desarrollo pecuario para algunas regiones de México. Una revisión. INCI 32 (6): 385-390 in Agricultura Orgánica Tercera parte p.3.

DEMANDA DE NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.)

Sánchez Monteón Ana Luisa¹, Jiménez Meza Víctor M², Bugarín Prado Job², Juárez López Porfirio², Alejo Santiago Gelacio², Juárez Rosete Cecilia R².

Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. E-mail: frosas2009@hotmail.com

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la demanda de nitrógeno en el cultivo de la lechuga. El trabajo se realizó de febrero a julio del 2004, en el campo experimental "Tlapeaxco" del Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo. Se utilizó la especie lechuga y de esta el material utilizado fue el híbrido —Géda—. El diseño experimental utilizado consistió en bloques completos al azar con ocho tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos fueron dosis de nitrógeno con niveles de 0, 50, 100, 150 y 200 kg de N., utilizando como fuente a la Urea. Se consideró un distanciamiento entre plantas de 40 cm y entre hileras de 50 cm. La superficie total estudiada fue de 2,500m² con un total de 12,500 plantas.

Las variables evaluadas fueron; peso fresco tanto del rendimiento económico (PFRE), así como de la biomasa área (PFBA), peso seco (PSRE-PSBA), % de humedad (%H), índice de cosecha (IC), concentración de Nitrógeno (CNRE-CNBA), Absorción de Nitrógeno (Abs. N), índice de extracción de nitrógeno (IE) y requerimiento interno de nitrógeno (R.I). En todas las variables se presentaron diferencias significativas, excepto para el índice de extracción (IE), respecto a los análisis de varianza realizados y pruebas de media Tukey.

Los resultados mostraron que la absorción de nitrógeno (kg ha⁻¹) y la dosis tienen una alta relación y que a medida que aumentamos la cantidad de nitrógeno al cultivo, la demanda va disminuyendo. El requerimiento interno de nitrógeno fue de 1.58 kg N t⁻¹, de tal manera que si lo multiplicamos por el rendimiento estimado, el cual fue de 102 t ha⁻¹, nuestra demanda nutrimental sería de 161.1 kg N ha⁻¹.

Palabras claves: Concentración de nitrógeno, absorción de nitrógeno, materia seca.

Abstract

The aim of this study was to assess the demand for nitrogen in the cultivation of lettuce. The work was conducted from February to July 2004, at the experimental "Tlapeaxco" of the Irrigation Department of the Universidad Autonoma Chapingo. We used this kind of lettuce and the material used was the hybrid "icy." The experimental design consisted of randomized complete block with eight treatments and five replications. The treatments were doses of nitrogen levels 0, 50, 100, 150 and 200 kg of N, using urea as the source. We considered a distance of 40 cm between plants and between rows 50 cm. The total area studied was 2.500 m² with a total of 12,500 plants.

The variables evaluated were: fresh weight of both economic performance (ERFP) and biomass area (PFBA), dry weight (PSRE-PSBA),% moisture (% H), harvest index (CI), concentration of Nitrogen (CNRE-CNBA), Nitrogen Absorption (Abs. N), nitrogen extraction index (EI) and internal nitrogen requirement (RI). All variables are significant differences, except for the rate of extraction (IE), regarding the analysis of variance performed and Tukey tests on average.

The results showed that nitrogen uptake (kg/ha) and high doses have a relationship and that as we increase the amount of nitrogen to the crop demand is declining. The internal nitrogen requirement was 1.58 kg kg N t⁻¹. So that if we multiply by the estimated yield, which was 102 t ha⁻¹, our demand would be 161.1 nutritional kg N ha⁻¹.

Key Words: Nitrogen concentration, nitrogen uptake, dry matter.

Introducción

Actualmente en la agricultura, la escasez de información acerca de las normas de fertilización, hace posible que los fertilizantes, en muchos casos, puedan estarse usando irracionalmente, en detrimento del medio ambiente, de la calidad de los productos para consumo y por ende afectando la economía de los productores agrícolas en México. En este sentido se han realizado trabajos en cereales (Rodríguez, 1987, Galvis, 1990), donde la producción de un cultivo se visualiza como un sistema, plantean que la

respuesta de éstos a la fertilización se puede explicar mediante un modelo conceptual. Para calcular este modelo se requiere estimar la demanda del nutrimento por el cultivo, el suministro del nutrimento por el suelo y la eficiencia de recuperación del fertilizante, para lo que se necesita del análisis de planta y suelo.

La demanda nutrimental de un cultivo es función de sus características genéticas, que determinan un potencial de acumulación de materia y de rendimiento; de las condiciones edafoclimáticas del medio en que se desarrolla, y también de las prácticas agrícolas que controla el hombre, que facilitan dicha acumulación. Para la determinación de la demanda nutrimental que exhibe un cultivo, es preciso conocer el requerimiento interno de ese nutriente, el índice de cosecha y el rendimiento esperado bajo una condición edafoclimática dada. El requerimiento interno es la concentración de un nutrimento en la biomasa aérea más el producto económico del cultivo al momento de la cosecha que se asocia con el rendimiento de este en condiciones óptimas de producción y es independiente del rendimiento (Rodríguez, 1993). El requerimiento interno de N, P y K y el índice de cosecha óptimos han sido medidos para varios cultivos de importancia económica, sin embargo para otros cultivos de prioridad en México y para las condiciones locales de producción es necesario generarlos.

El presente trabajo de investigación tuvo como principal objetivo determinar la demanda nutrimental de nitrógeno en la especie de lechuga, a través de calcular el requerimiento interno y conociendo el rendimiento esperado.

Materiales y Métodos

El trabajo de investigación se estableció en el campo experimental de tlapeaxco del departamento de irrigación de la UACH, ubicado en Chapingo, estado de México. El estudio se realizó con la variedad lechuga (gelida). Las plántulas se consiguieron en Tecamachalco, Puebla y fueron proporcionadas por el departamento de irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Una vez obtenidas las plántulas, el trasplante se hizo de forma manual a doble hilera en camas de suelo, los días 20, 21 y 22 de febrero del 2004. Las distancias entre plantas fueron de 40 cm y 50 cm entre hilera, se abrieron hoyos de dimensiones del cepellón original de 2.5 x 2.5 x 5 cm. La superficie total estudiada fue de 2,500 m² con un total de 12,500 plantas.

Los riegos fueron aplicados mediante el sistema de riego por goteo y estuvieron fundamentados con base en la demanda hídrica del agua por el cultivo.

La fertilización se hizo en forma manual y se dividió en dos aplicaciones. El fertilizante que se utilizó fue la Urea (46-0-0), con dosis crecientes de nitrógeno; 0, 50, 100, 150 y 200 Kg ha⁻¹. El resto de los nutrimentos se mantuvo en condiciones de superávit, sin que interfieran en el experimento por déficit o toxicidad.

Las variables de estudio fueron: Peso fresco del producto económico ((g pl⁻¹), peso fresco de la biomasa aérea (g pl⁻¹), peso fresco total (tha⁻¹), materia seca del producto económico (g pl⁻¹), materia seca de la biomasa aérea (g pl⁻¹), materia seca total (tha⁻¹), concentración nitrógeno (% N), porcentaje de humedad (%), índice de cosecha, absorción de nitrógeno (kg ha⁻¹), índice de extracción de nitrógeno (kg N t⁻¹) y finalmente el requerimiento interno de nitrógeno (kg N t⁻¹). El diseño fue en bloques completos al azar con cinco tratamientos y cinco repeticiones. Los tratamientos correspondieron a las dosis de nitrógeno. Los datos que se obtuvieron se sometieron a un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). La evaluación se hizo mediante el apoyo del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System).

Resultados y Discusión

En el cuadro 1, se puede observar que el análisis de varianza mostró diferencias significativas (Tukey $p \leq 0.05$) para las variables de peso fresco y seco, así como para el porcentaje de humedad, índice de cosecha, absorción de nitrógeno no siendo lo mismo para la extracción de nitrógeno. Destacar que los mejores rendimientos de peso fresco y seco de la lechuga se obtuvieron con la dosis de 200 kg ha⁻¹ y este fue de 166 y 6.0 tha⁻¹ respectivamente. Para el caso de la absorción de nitrógeno se observó que con el mayor tratamiento se tuvo una cantidad absorbida de 360 kg ha⁻¹, pero una vez estimando se vio que la tendencia es a disminuir con dosis arriba de 200 kg ha⁻¹.

Con respecto a la absorción de nitrógeno Tei *et al.* (1999) al estudiar la calidad de producto obtenido, la dinámica de absorción de nitrógeno por las plantas y el riesgo de pérdida del nitrato en dos

variedades de lechuga, dos de tomate y una de chile; encontraron también éste comportamiento diferencial en la demanda de nitrógeno entre los cultivos e incluso entre las variedades.

Cuadro 1.- Variables evaluadas para determinar la demanda nutrimental en el cultivar Lechuga "Gélida"

TRATAMIENTO	VARIABLES					
	PF	PS	H	IC	ANT	IE
	t/ha		%		Kg /ha	Kg N/t
0	89.6 C	2.72 C	96.2 AB	0.38 BC	162 C	1.8 A
50	117.4 BC	3.64 BC	96.4 A	0.46 A	230 BC	2.0 A
100	114.4 BC	3.58 BC	96.2 AB	0.48 A	234 BC	2.0 A
150	124.8 B	3.98 B	96.0 AB	0.44 AB	259 B	2.0 A
200	166.0 A	6.00 A	95.2 B	0.34 C	360 A	2.1 A

Promedios seguidos con la misma letra en cada columna indica diferencias no significativas ($\alpha = 0.05$). PF= peso fresco, PS=peso seco, H= porcentaje de humedad, IC= índice de Cosecha, ANT=absorción de nitrógeno total y IE= índice de extracción.

Los resultados obtenidos muestran que al correlacionar el peso fresco total (PFT) y dosis de nitrógeno, existe tendencia a acumular menor peso fresco a medida que incrementamos el nivel de dosis. La R^2 fue altamente significativa, siendo un valor de 0.91 (figura 1).

En la figura 2, también vemos que la R^2 fue de 0.96 lo que indica nuevamente que la absorción de nitrógeno expresada en kg de Nha^{-1} va disminuyendo a medida que incrementamos la dosis de 200 kgha^{-1} .

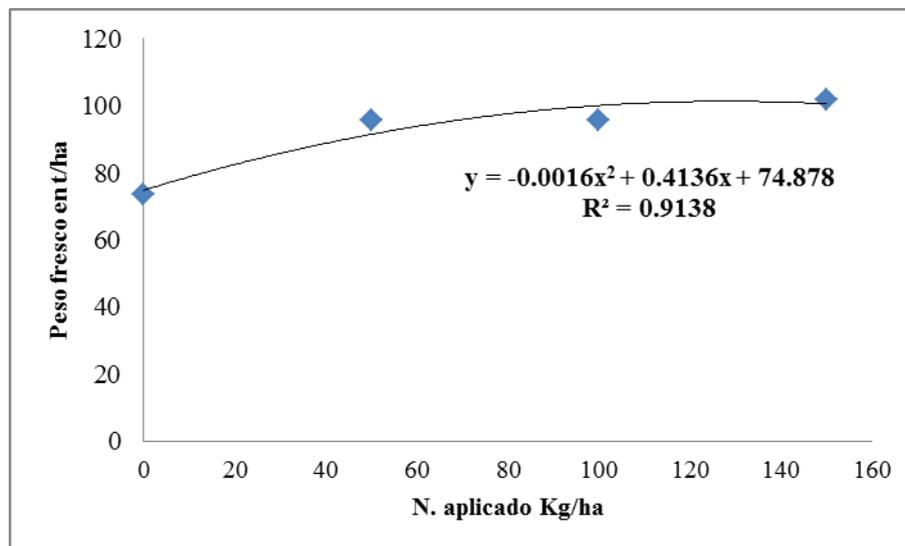


Figura 1.- Relación peso fresco con la dosis de nitrógeno aplicada en la lechuga "Gelida".

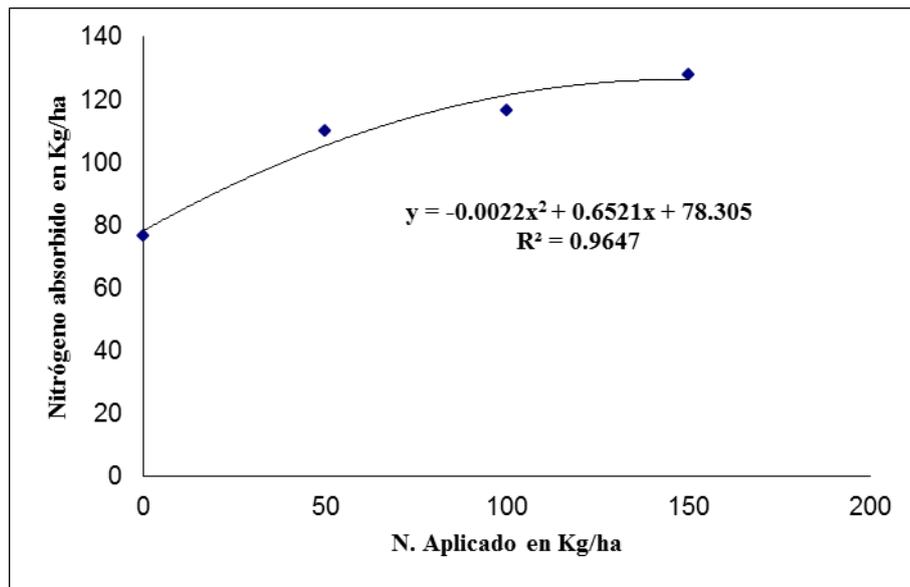


Figura 2.- Relación de nitrógeno absorbido y la dosis aplicada en la de lechuga "Gelida".

Considerando que el objeto principal de esta investigación fue determinar la demanda nutrimental de nitrógeno del cultivar gélida, se procedió a lo siguiente: Se estimó el rendimiento máximo alcanzado con datos de N aplicado y la suma total de peso fresco (Figura 1). Posteriormente se calculó el N aplicado con la suma de N absorbido, tanto del producto económico, así como de la biomasa aérea (Figura 2). Enseguida se correlacionó la biomasa total fresca y el peso fresco del producto económico (Figura 3), para de ahí con el valor de la ecuación sacar un valor de rendimiento económico estimado. Finalmente el requerimiento interno (RI) se calculó dividiendo el rendimiento máximo alcanzado por el rendimiento económico estimado. De esta manera los resultados arrojaron un valor de requerimiento interno de nitrógeno en la variedad "Gálida" de 1.58 kg Nt^{-1} , de tal manera que si lo multiplicamos por el rendimiento estimado, el cual es de 102 t/ha^{-1} , nuestra demanda nutrimental sería de 161.1 kg N/ha .

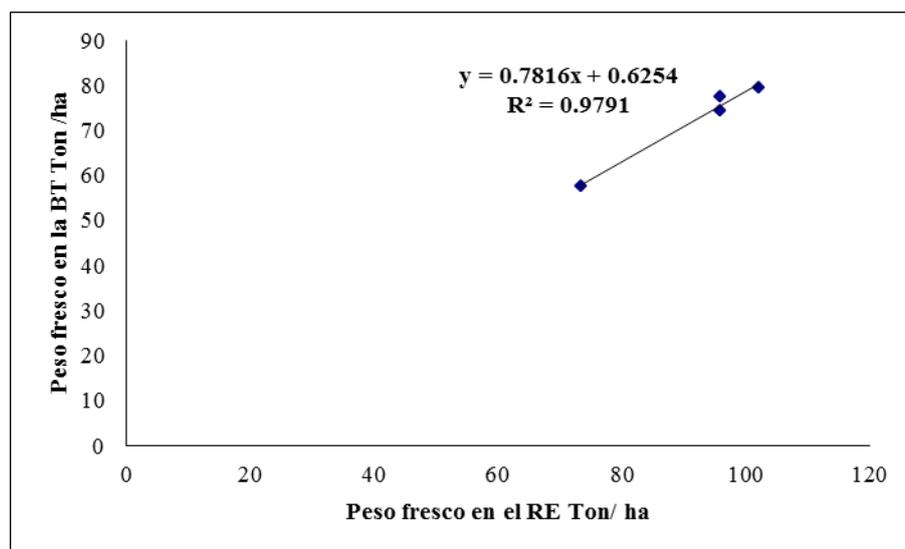


Figura 3.- Relación de peso fresco en la biomasa total y peso fresco del rendimiento económico en la de lechuga "Gelida".

Al considerar el valor de RI de este trabajo con los de otros investigadores (Lorenz *et al.*, 1989, citado por Rahn, 2000 y Fink y Feller, 1998) podemos considerar que sus tendencias individuales aunque diferentes, corresponden a un valor cercano de RI entre las especies y sus variedades.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados y a las hipótesis planteadas podemos concluir que la demanda de nitrógeno por parte de la lechuga —Gleda” es de 161 kg ha^{-1} , considerando un requerimiento interno de 1.58 Kg de N/ha , lo cual derivado de un cálculo de dosis óptima nos ayudaría a no ser aplicaciones excesivas de fertilizantes, a no contaminar el medio ambiente, además de reducir costos y proporcionarle a la planta su demanda nutrimental neta.

Literatura citada

- Fink, M., and C. Feller. 1998. An empirical model for describing growth and nitrogen uptake of white cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*). *Scientia horticulturae* 73: 75-88.
- Galvis S., A.1990. Validación de las normas de fertilización de nitrógeno y fósforo estimadas con un modelo simplificado para maíz, con las dosis obtenidas en la experimentación de campo. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.pp.80-106.
- Rahn, C. 2000. Nitrogen and field production of vegetable crops. *Acta Hort.* 533.361-369.
- Rodríguez S., J.1987. Normas de fertilización de N y P para maíz y cebada en el estado de Tlaxcala. Informe técnico. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. Mimeografiado.pp.25-47.
- Rodríguez S., J.1993. La fertilización de los cultivos. Un método racional. 2ª edición. Facultad de Agronomía, Pontificia Católica de Chile, Santiago de Chile.pp-81-96.
- Tei, F., P. Benincasa and M. Guiducci. 1999. Nitrogen fertilization of lettuce, processing tomato and sweet pepper: Yield, nitrogen uptake and the risk of nitrate leaching. *Acta Hort.* 506: 61-67.

EFICIENCIA DE USO DEL NITRÓGENO EN NOGAL PECANERO DE FERTIRRIEGO

Muñoz-Márquez Ezequiel, Sánchez-Chávez Esteban, Guevara-Aguilar Alexandro, García Bañuelos Mónica Liliana

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. E-mail: esteban@ciad.mx.

Resumen

El Estado de Chihuahua es el principal productor de nuez, aportando el 80% de la producción en México. El 50% de los costos de producción corresponden a los programas de fertilización, haciéndola una de las prácticas más costosas del cultivo. En el nogal pecanero la fertilización nitrogenada es esencial para aumentar la producción y mejorar la calidad, pero debe de estar bien balanceada, ya que el nitrógeno altera la composición de las plantas mucho más que cualquier otro nutriente mineral. El objetivo del presente trabajo fue conocer la eficiencia de uso del nitrógeno en nogal pecanero bajo un sistema de fertirrigación. El experimento consistió en evaluar tres dosis de nitrógeno (100, 150 y 200 kg ha⁻¹), utilizando como fuente de N al UAN32 (32% de N), distribuidas en siete aplicaciones con base en las etapas fenológicas de mayor demanda. La dosis óptima de N que mejora la eficiencia de uso del nitrógeno, productividad y calidad de la nuez fue la dosis de 100 a 150 Kg/ha de N.

Palabras clave: *Carya illinoensis*, nitrógeno, nuez pecanera, fertirrigación

Abstract

The Chihuahua state is the largest producer of pecan nuts, providing 80% of production in Mexico. 50% of the cost of production correspond to fertilization program, making it one of the most expensive crop practices. In pecan tree nitrogen fertilization is essential to increase production and improve quality, but should be well balanced because nitrogen changes the composition of plants more than any other mineral nutrient. The objective of the present work was to know the efficiency use of nitrogen in pecan nuts under a fertirrigation system. The experiment evaluated three nitrogen doses (100, 150 or 200 kg ha⁻¹ as UAN32 with 32% of N), split in seven applications that matched the phenological stages characterized by the highest N-demand. The optimal dose of N that improves the efficiency of use of nitrogen, productivity and quality of the nutswent the 100 doses from 150 to Kg/ha of N.

Key Words: *Carya illinoensis*, nitrogen, pecan nut, fertirrigation

Introducción

El Estado de Chihuahua es el principal productor de nuez a nivel nacional, con una producción anual de 54 000 Ton, aportando el 80% de la producción de país (SAGARPA, 2009). La fertilización es de gran importancia, ya que el 50% de los costos de producción corresponden a los programas de fertilización, haciéndola una de las prácticas más costosas del cultivo. Actualmente una de las grandes preocupaciones de los productores de nogal pecanero es la relacionada con la nutrición vegetal. En particular, el nitrógeno (N) es el nutriente más demandado por las plantas y por lo tanto, se convierte en un factor limitante para el desarrollo y crecimiento óptimo de las mismas. Por lo anterior, un buen entendimiento de las relaciones entre las respuestas del N sobre el cultivo del nogal pecanero, es fundamental para el manejo de este nutriente (FIRA, 1999). En el nogal pecanero la fertilización nitrogenada es esencial para aumentar la producción y mejorar la calidad, pero debe de estar bien balanceada, ya que el nitrógeno altera la composición de las plantas mucho más que cualquier otro nutriente mineral, pudiendo modificar el contenido de azúcares, contenido de proteínas y almacenamiento de lípidos o aceites (Marschner, 1986). La baja eficiencia de utilización de los fertilizantes nitrogenados (15 a 20%) se debe fundamentalmente a pérdidas por procesos como: volatilización, lixiviación y desnitrificación (Janssen, 1998). Cuando se emplea la tecnología de fertirriego, dichas pérdidas disminuyen de manera significativa, debido a la frecuencia de aplicación de N a través del agua de riego durante el ciclo del cultivo, lo que evita su prolongada permanencia en el suelo o substrato y limita, consecuentemente, su pérdida por cualquiera de los procesos (Torres, 1999).

En base a lo anterior, es necesario realizar estudios más minuciosos en relación a la optimización en el uso de los fertilizantes, en especial nitrógeno en nogal pecanero, así como, analizar como se afectan los procesos fisiológicos de la planta, con la finalidad de hacer más eficiente el uso de los fertilizantes, incrementar la productividad, mejorar la calidad y sustentabilidad en el cultivo del nogal pecanero, así como reducir la contaminación del medio ambiente (Sánchez *et al.*, 2004).

Materiales y Métodos

El trabajo se llevo a cabo en el Municipio de la Cruz, Chihuahua, durante los ciclos de producción 2009-2010. Se utilizaron árboles de nogal pecanero cv. Western Schley en producción, de una edad de 24 años y con una distancia de plantación de 14 x 14 m. Para desarrollar el trabajo de campo se consideró un diseño experimental en bloques al azar, con 10 repeticiones, y 3 tratamientos de fertirrigación nitrogenada (100, 150 y 200 kg/ha de N), utilizando como fuente de nitrógeno al UAN32 líquido (32 % de N, $d = 1.32$).

La fertilización nitrogenada se realizó en forma fraccionada en siete aplicaciones con base en las etapas fenológicas de mayor demanda: **1)** prebrotación (finales de febrero-principios de marzo), 12.5% de N; **2)** inicio de amarre de fruto (mediados-finales de abril), 25% de N; **3)** crecimiento del fruto (principios de junio), 12.5% de N; **4)** estado acuoso (mediados de julio), 12.5% de N; **5)** estado lechoso (mediados de agosto), 12.5 de N; **6)** maduración (mediados a finales de septiembre), 12.5% de N; y **7)** recarga en postcosecha (mediados de diciembre), 12.5% de N. La evaluación de la investigación se realizó en base a los parámetros del contenido nutricional foliar, indicadores fisiológicos, eficiencia de uso del nitrógeno, rendimiento y calidad de la nuez.

Resultados y Discusión

En nuestro estudio, en relación a la dinámica del nitrógeno total foliar en nogal pecanero, observamos dos picos de mayor concentración de N, los cuales se relacionan con las etapas de mayor demanda de este nutriente en nogal pecanero (Figura 1). Esto coincide con el trabajo de Sánchez *et al.* (2005), donde encontraron dos fechas de mayor demanda de nitrógeno en forma de NO_3^- en hoja, la primera en la etapa fenológica de amarre de fruto y expansión de hoja y la segunda en la etapa de estado acuoso y llenado de la nuez. Además, se observa un período de estabilidad de este nutriente el cual ocurre durante los meses de julio a agosto. Por otro lado, se observan diferencias significativas entre las dosis de N y la dinámica nutricional del mismo, sobresaliendo las dosis de 100 y 150 Kg/Ha de N.

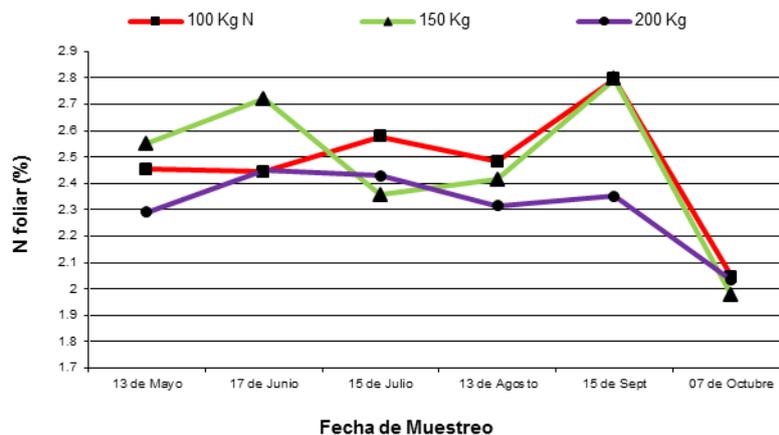


Figura 1. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre la dinámica nutricional de N foliar en nogal pecanero.

En nuestra investigación, se encontraron diferencias significativas en el análisis nutricional foliar por efecto de la aplicación de las diferentes dosis de N, tanto en macronutrientes N, P, K, Ca, Mg y Na como en micronutrientes Cu, Fe, Mn, Zn y Ni (Cuadro 1 y 2).

Cuadro 1. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre la concentración foliar de macronutrientes en nogal pecanero. Los datos son medias \pm error estándar (n = 10).

Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Macronutrientes (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
100	[‡] 2.48 \pm 0.12	0.169 \pm 0.04	1.165 \pm 0.05	0.178 \pm 0.01	0.386 \pm 0.03
150	2.41 \pm 0.14	0.158 \pm 0.03	1.287 \pm 0.07	0.308 \pm 0.02	0.363 \pm 0.03
200	2.31 \pm 0.09	0.159 \pm 0.02	1.343 \pm 0.04	0.232 \pm 0.02	0.395 \pm 0.04
Significación	*	*	*	**	*

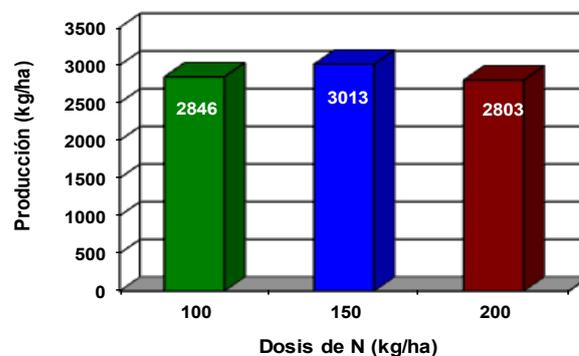
[‡]Los datos son medias (n=10) y los niveles de significancia están representados por * a $P \leq 0.05$, ** a $P \leq 0.01$, *** a $P \leq 0.001$.

Cuadro 2. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre la concentración de micronutrientes en nogal pecanero. Los datos son medias \pm error estándar (n = 10).

Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni
100	[‡] 10.68 \pm 0.63	61.24 \pm 3.06	97.82 \pm 3.91	42.41 \pm 2.54	0.77 \pm 0.04
150	9.62 \pm 0.57	76.78 \pm 4.60	127.29 \pm 7.63	34.36 \pm 1.71	1.39 \pm 0.06
200	10.22 \pm 0.40	74.61 \pm 4.47	140.12 \pm 8.40	58.61 \pm 3.51	1.47 \pm 0.10
Significación	*	*	**	***	***

[‡]Los datos son medias (n=10) y los niveles de significancia están representados por * a $P \leq 0.05$, ** a $P \leq 0.01$, *** a $P \leq 0.001$.

En producción, se observó un efecto directo de la aplicación de las dosis nitrogenadas sobre la producción de nueces en nogal pecanero (Figura 2), presentado la mayor producción la dosis de 150 kg/ha de N, con un incremento del 6 y 7% con respecto a la dosis de 100 y 200 kg/ha de N respectivamente, dando una diferencia de producción de 167 y 210 kg/ha. El N afecta de forma significativa tanto la producción como la calidad de los productos agrícolas. Así, un empleo excesivo de N puede provocar un descenso en la producción y calidad, con lo que el rendimiento económico disminuirá considerablemente, mientras que si el aporte de N es el adecuado, la producción total y comercial aumenta (Ruiz y Romero, 1999).

**Figura 2. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre la producción por árbol en nogal pecanero.**

La eficiencia de uso de nitrógeno fue disminuyendo a medida que se fue incrementando las dosis de N, es decir, la máxima eficiencia de uso del nitrógeno se obtuvo con el tratamiento de 100 kg/ha de N que produjo 28.65 Kg de nuez por Kg de fertilizante aplicado, mientras que las dosis de 150 y 200 kg/ha de N produjeron 20.12 y 14.05 Kg de nuez por Kg de N aplicado respectivamente (Figura 3).

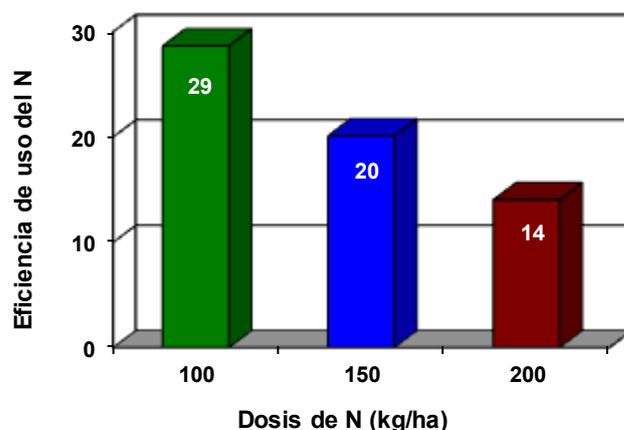


Figura 3. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre la eficiencia de uso del nitrógeno en nogal pecanero.

Para el caso de árboles en producción, para mantener un adecuado abastecimiento de nitrógeno a través de los años, es necesario restituir el nitrógeno que se extrae en la cosecha, así como, las pérdidas de nitrógeno en el suelo, además de proporcionar el nitrógeno necesario para formar las estructuras permanentes del árbol (tronco, ramas y brotes) y las hojas (Medina, 1987). Para lograr lo anterior, se sugiere la aplicación de 100 kg de N/ha/ton de producción, es decir, 100 kg de nitrógeno por cada tonelada de nuez que se espera cosechar (Figura 4).

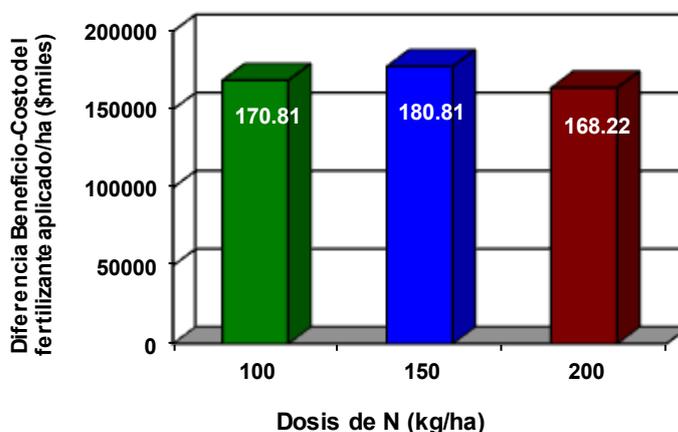


Figura 4. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre la diferencia beneficio/costo del fertilizante aplicado en nogal pecanero.

La calidad de la nuez, considera principalmente el porcentaje de nuez comestible, el tamaño del fruto, daños de la parte comestible y otros de menor importancia (Herrera, 2004). En nuestro estudio, no se observaron diferencias significativas en el número de nueces por kilogramo por efecto de las dosis de N aplicadas a los árboles de nogal pecanero. Mientras que para el porcentaje de nuez comestible. Sobre la calidad de la nuez, presentado la mayor calidad de la nuez la dosis de 150 kg/ha de N. Con respecto a los parámetros de calidad, porcentaje de humedad de la nuez y color de la misma, en nuestro estudio, no se presentaron diferencias significativas en las diferentes dosis de N aplicadas, ya que en las tres dosis de N aplicado el porcentaje de humedad fue de 4.2% y el color de la almendra

ámbar claro, estando ambos parámetros dentro de la norma mexicana de la nuez con cáscara (NMX-FF-084-SCFI-2009).

Conclusiones

La mayor eficiencia de uso del nitrógeno bajo un sistema de fertirrigación se obtuvo con la dosis de 100 kg/ha de N que produjo 28.65 kg de nuez por kilogramo de fertilizante (N) aplicado, mientras que las dosis de 150 y 200 kg/ha de N produjeron 20.12 y 14.05 kg de nuez por kilogramo de N aplicado respectivamente. Por otro lado, el número de nueces por kilogramo fue menor (es decir, nueces más grandes) con la dosis de 150 kg/ha de N (144 nueces/kg) en comparación a las dosis de 100 y 200 kg/ha de N que presentaron 158 y 152 nueces/kg respectivamente. Con respecto al porcentaje de nuez comestible, la dosis de 150 kg/ha de N presentó 2.09 y 1.41 puntos por encima de las dosis de 100 y 200 kg/ha de N respectivamente, lo cual representa un beneficio económico adicional. Finalmente, indicar que la dosis óptima de N que mejora la eficiencia de uso del nitrógeno, productividad y calidad de la nuez fueron las dosis de 100 a 150 kg/ha de N.

Literatura Citada

- FIRA. 1999. Paquete tecnológico y costos del cultivo del nogal pecanero para la región de Jiménez, Chihuahua. México.
- Herrera, E. 1998. El control del nitrógeno en huertas de nogal. Memorias evento Nogatec. ITESM-Campus Laguna. Torreón, Coah. México.
- Janssen, B. H. 1998. Efficient use of nutrients: An art of balancing. *Field Crops Res.* 56: 197-201.
- Marschner, H. 1986. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press Inc. London LTD. p. 674.
- Medina, M. del C. 1987. Evaluación del método DRIS para el diagnóstico nutrimental del nogal pecanero (*Carya illinoensis*) cv. Western en la Región Lagunera. CIFAP Región Lagunera INIFAP. Informe de Investigación. Programa de Fruticultura.
- NMX-FF-084-SCFI-2009. Norma Mexicana Productos alimenticios no industrializados para consumo humano fruto fresco nuez pecanera *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch Especificaciones y Métodos de prueba (Cancela a la NMX-FF-084-SCFI-1996).
- Ruiz, J.M. y L. Romero. 1999. Cucumber yield and nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. *Scientia Horticulturae* 82: 309-316.
- SAGARPA. 2009. Resumen de cierre de siembras y cosechas para cultivos perennes. Sub-Delegación de planeación. SAGARPA. Delegación Estatal Chihuahua, México.
- Sánchez, E., J. M. Soto Parra, R. M. Yañez y F. Montes. 2005. Avances de investigación en nutrición del nogal pecanero en Chihuahua. Nogatec, Torreón, Coah. México.
- Sánchez, E., R.M. Rivero, J. M. Ruiz and L. Romero. 2004. Changes in biomass, enzymatic activity and protein concentration in roots and leaves of green bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) under high NH_4NO_3 application rates. *Sci. Hortic.* 99: 237-248.
- Torres G.R. 1999. Dinámica nutrimental, producción y calidad de cebolla cv 'Contesta' bajo condiciones de fertirriego por goteo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

BIOFORTIFICACIÓN CON HIERRO Y ZINC EN FRIJOL: IMPACTO EN BIOMASA, RENDIMIENTO Y PARÁMETROS NITROGENADOS

Sánchez Chávez Esteban, Sida Arreola Juan Pedro, Muñoz Márquez Ezequiel, Guevara Aguilar Alexandro, García Bañuelos Mónica
Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. E-mail: esteban@ciad.mx

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de biofortificar con hierro y zinc el cultivo del frijol y evaluar su impacto sobre el crecimiento y rendimiento de la planta de frijol, así como, estudiar la actividad nitrato reductasa —*in vivo*” y la concentración de clorofila total y con ello definir la mejor forma y dosis de Fe y Zn. Para lo cual cuatro dosis de hierro y zinc fueron probadas en las formas de sulfato y quelato de Fe y Zinc: 0, 0, 25, 50 y 100 $\mu\text{M L}^{-1}$ de Fe y Zn respectivamente, los cuales se aplicaron durante 40 días a las plantas de frijol, posteriormente se determinó la biomasa total y rendimiento por planta, la actividad nitrato reductasa —*in vivo*” y la concentración de clorofila total. Los resultados obtenidos indicaron que el Las mejores dosis de biofortificación con Fe y Zn que favorecieron de manera general el crecimiento y rendimiento de la planta, así como, a la actividad nitrato reductasa y la concentración de clorofila fueron la forma de Quelato de Fe y Sulfato de Zinc a dosis de 50 μM de Fe y Zinc respectivamente.

Palabras clave: *Biofortificación, rendimiento, frijol.*

Abstract

The objective of the present work was to study the effect of biofortified with iron (Fe) and zinc (Zn) the culture of bean and evaluating its impact on the growth and yield of the bean plant, as well as, to study the activity nitrate reductase —*in vivo*” and the total chlorophyll concentration and in this way to define the best form and dose of Fe and Zn. For which four doses of iron and zinc were proven in the forms of sulphate and chelate of Fe and Zn: 0, 25, 50 and 100 $\mu\text{M L}^{-1}$ de Fe and Zn respectively, which were applied during 40 days to the bean plants, later determined the total biomass and yield by plant, the activity nitrate reductase —*in vivo*” and the total chlorophyll concentration. The obtained results indicated that the best dose of biofortification with Fe and Zn that favored of general way the growth and yield of the plant, as well as, to the activity nitrate reductase, chlorophyll concentration was the form of Chelate of Iron and Sulphate of Zinc to 50 doses of μM of Fe and Zinc respectively.

Key Words: *biofortification, yield, bean.*

Introducción

La deficiencia de micronutrientes en la dieta alimenticia afecta a gran parte de la población mexicana incluyendo a la población de Chihuahua (Secretaría de Salud, 2009). Los seres humanos requieren más de 22 elementos minerales para su desarrollo óptimo, los cuales pueden ser suplementados con una dieta apropiada (White y Broadley, 2005). Algunos de estos nutrientes son requeridos en grandes cantidades, pero otros, tales como hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), yodo (I) y selenio (Se), son requeridos en cantidades pequeñas. Generalmente, estos elementos minerales son proporcionados en la cadena alimenticia a través del consumo de vegetales. Los elementos minerales más frecuentemente deficientes en las dietas humanas son Fe, Zn, I y Se (Poletti, 2004). Se estima que de la población que padece malnutrición de micronutrientes, 60-80 % de esa población presentan deficiencia de Fe, > 30 % son deficientes en Zn, 30 % son deficientes en I y alrededor del 15 % son deficientes en Se (Poletti, 2004). Hoy en día, el Fe y el Zn han recibido considerable atención como micronutrientes esenciales para la alimentación de los seres humanos. La ingesta diaria recomendada de hierro y de zinc es de 10-15 $\mu\text{g}/\text{día}$ y 11 $\text{mg}/\text{día}$ para adultos respectivamente, mientras que para los niños es de 6-8 $\mu\text{g}/\text{día}$ y 3-5 $\text{mg}/\text{día}$ respectivamente (DRI, 2000).

Actualmente, una estrategia innovadora a la problemática de la desnutrición de micronutrientes en la dieta alimentaria se le ha llamado —Biofortificación” (Graham, 2001; Bouis, 2003). La biofortificación ha sido definida como el proceso de incrementar las concentraciones biodisponibles de elementos esenciales en porciones comestibles de plantas cultivadas a través del manejo agronómico (fertilización) o mejoramiento genético. La fertilización se considera una estrategia promisoriosa para

biofortificar con Fe y Zn a los cultivos. La fertilización con sulfato de Fe y Zn han sido efectivos en incrementar el Fe y Zn dietario a través de la biofortificación de cultivos en Filandia y Nueva Zelanda (Lyons et al., 2003; Cichy, 2005). En el caso de México, el frijol se considera un cultivo estratégico para biofortificarlo con Fe y Zn, debido a que es un alimento importante de la canasta básica, ya que de este cultivo se obtiene la proteína de origen vegetal más utilizada por los diferentes estratos sociales. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue biofortificar con hierro y zinc al cultivo de frijol con el propósito de evaluar su impacto sobre el crecimiento y rendimiento de la planta, así como, estudiar la actividad nitrato reductasa in vivo y la concentración de clorofila total en la planta de frijol y con ello definir la mejor forma y dosis de Fe y Zn.

Materiales y Métodos

Las plantas de *Phaseolus vulgaris* L., cv. Strike se germinaron y crecieron en una mezcla de sustrato (turba, vermiculita y perlita en proporción 3:1:1) en macetas de 30 cm de diámetro en un invernadero experimental en Delicias, Chihuahua, México, a una temperatura media dentro del invernadero de 30 ± 4 °C. Durante todo el ciclo del cultivo las plantas recibieron una solución nutritiva compuesta por: 6 mM de NH_4NO_3 , 1.6 mM de K_2HPO_4 , 2.4 mM de K_2SO_4 , 4.0 mM de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1.4 mM de MgSO_4 , 5 μM de Fe-EDDHA, 2 μM de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 1.0 μM de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.25 μM de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.3 μM de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ y 0.5 μM de H_3BO_3 preparada con agua destilada (Sánchez et al., 2004). El pH de la solución osciló entre 5.5 y 6.0.

Las fuentes de Fe y Zn empleadas fueron Quelatos y Sulfatos de Fe y Zn respectivamente, las concentraciones utilizadas fueron 0, 25, 50 y 100 μM , las cuales fueron adicionadas a la solución nutritiva a los 20 días después de la siembra y durante 40 días. El diseño experimental, fue un completamente al azar con cuatro tratamientos de Fe y Zn para Quelato y Sulfato de FE y Zn respectivamente, con cuatro repeticiones por tratamiento.

Las plantas fueron muestreadas a los 60 días después de la germinación, en la etapa fenológica de desarrollo completo y madurez del fruto. Las variables evaluadas fueron: producción de biomasa total por planta, el rendimiento de fruto por planta, la actividad nitrato reductasa in vivo, y la concentración de clorofila total. Todos los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza. Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey a 95 %.

Resultados y Discusión

En el presente experimento se observó un incremento significativo en la producción de biomasa por efecto de la aplicación de las dos formas de Fe y Zinc, destacando con la mayor acumulación de biomasa la forma de Sulfato de Hierro en comparación al Quelato de Hierro (Figura 1). En el caso del Sulfato de Hierro, la mayor producción de biomasa se obtuvo con la dosis de 25 μM , mientras que para la forma de Quelato de Hierro, la mejor dosis se presentó con 50 μM de Fe. Con respecto al Zn, las formas Sulfato de Zinc y Quelato de Zinc fueron muy similares en la producción de biomasa (Figura 2), no obstante para el Sulfato de Zinc la mejor dosis fue la 50 μM de Zn y para el Quelato de Zinc la dosis de 50 μM .

Con lo que respecta al rendimiento, se encontró un comportamiento muy parecido a la producción de biomasa, destacando con el mayor rendimiento el Quelato de Hierro en comparación a la forma de Sulfato de Hierro (Cuadro 1), representando las mejores dosis las de 50 a 100 μM de Fe, mientras que para la forma de Sulfato de Hierro la mejor dosis fue 25 μM de Fe. Con respecto al Zinc, la mejor forma de aplicación fue el Sulfato de Zn en comparación al Quelato de Zinc, destacando las dosis de 50 a 100 μM y 50 μM para Sulfato de Zinc y Quelato de Zinc respectivamente (Cuadro 2).

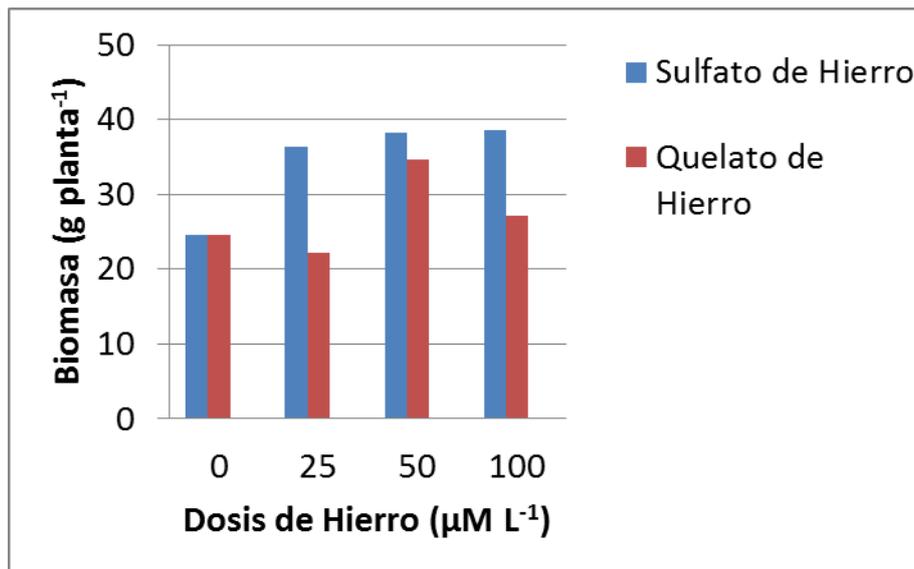


Figura 1. Producción de Biomasa total (gramos por planta) en frijol cv. Strike en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de Sulfato y Quelato de Hierro. Los datos son \pm desviación estándar (n=4).

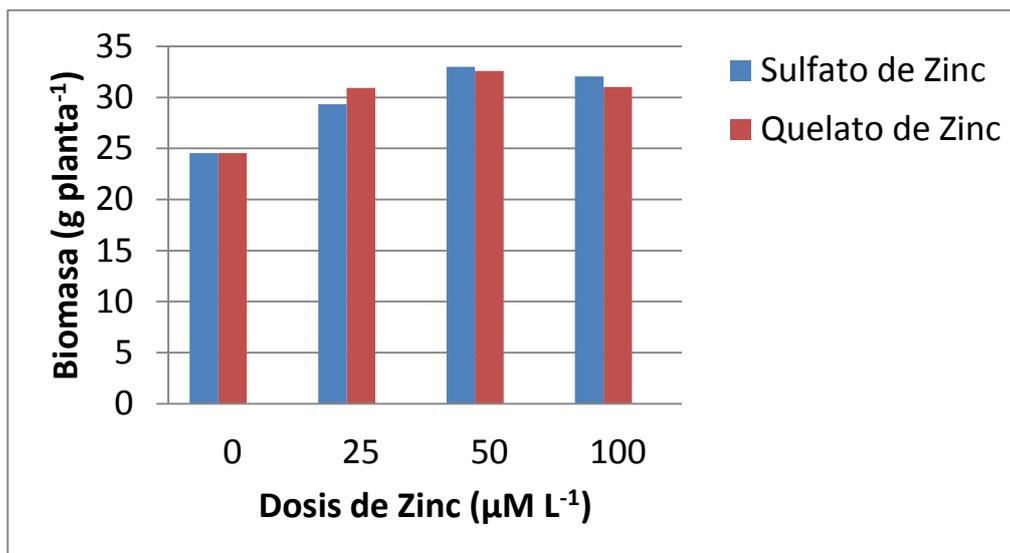


Figura 1. Producción de Biomasa total (gramos por planta) en frijol cv. Strike en respuesta a la aplicación de diferentes dosis de Sulfato y Quelato de Zinc. Los datos son \pm desviación estándar (n=4).

Cuadro 1. Efecto de las formas y dosis de Hierro sobre el rendimiento (g planta⁻¹), concentración de clorofila total (mg L⁻¹) y actividad nitrato reductasa in vivo (μM de NO₂⁻ formados g⁻¹ p.f. h⁻¹) en frijol cv. Strike. Los datos son medias ± desviación estándar (n=4).

Dosis	Parámetros fisiológicos		
	Rendimiento	Actividad Nitrato reductasa in vivo	Clorofila total
Sulfato de Hierro (μmol L ⁻¹)			
0	29	0.64	35
25	52	0.65	37.8
50	53	1.04	39.36
100	56	0.74	38.68
Significancia	**	**	*
Quelato de Hierro (μmol L ⁻¹)			
0	29	0.64	35
25	58	2.08	39.53
50	71	1.66	41.77
100	74.5	1.65	40.94
Significancia	***	***	*

Los valores son medias (n=4) y las diferencias entre medias fueron comparadas usando LSD al 0.05 nivel de probabilidad. Los niveles de significancia son presentados por * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, y ns: no significativo.

Cuadro 2. Efecto de las formas y dosis de Zinc sobre el rendimiento (g planta⁻¹), concentración de clorofila total (mg L⁻¹) y actividad nitrato reductasa in vivo (μM de NO₂⁻ formados g⁻¹ p.f. h⁻¹) en frijol cv. Strike. Los datos son medias ± desviación estándar (n=4).

Dosis	Parámetros fisiológicos		
	Rendimiento	Actividad Nitrato reductasa in vivo	Clorofila total
Sulfato de Zinc (μmol L ⁻¹)			
0	42	0.03	35
25	77	0.44	40.75
50	85	0.88	44.68
100	92	1.26	43.1
Significancia	**	***	*
Quelato de Zinc (μmol L ⁻¹)			
0	42	0.03	35
25	67	0.14	43.41
50	103	1.30	43.46
100	87	0.04	39.05
Significancia	**	***	*

Los valores son medias (n=4) y las diferencias entre medias fueron comparadas usando LSD al 0.05 nivel de probabilidad. Los niveles de significancia son presentados por * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, y ns: no significativo.

En relación a la actividad nitrato reductasa "in vivo" se encontraron diferencias significativas por efecto de la aplicación de Sulfato y Quelato de Hierro, destacando la forma de Quelato en relación al Sulfato de Fe (Cuadro 1). La mejor dosis de Quelato de Fe fue 25 μM, mientras que para Sulfato de Fe fue la dosis de 50 μM. Por otro lado, la mayor actividad de la nitrato reductasa in vivo por efecto de la aplicación de Zinc, predominó la forma de Sulfato de Zinc en comparación al Quelato (Cuadro 2), destacando la mayor actividad nitrato reductasa en la dosis de 100 μM de Sulfato de Zinc, mientras que para el Quelato de Zinc fue la dosis de 50 μM de Zn.

Con lo que respecta a la concentración de clorofila total, observamos un comportamiento parecido a la producción de biomasa, sobresaliendo con la mayor concentración de pigmentos la forma de Quelato de Hierro en comparación al Sulfato de Hierro (Cuadro 1), siendo la mejor dosis la de 50 μM de Fe para ambas formas de aplicación. Con respecto al Zinc, las dos formas de aplicación de Zn (sulfato y quelato) tuvieron un comportamiento similar (Cuadro 2), destacando la dosis de 50 μM de Zn, respectivamente.

Conclusiones

Las mejores dosis de biofortificación con Fe y Zn que favorecieron de manera general el crecimiento y rendimiento de la planta, así como, a la actividad nitrato reductasa y la concentración de clorofila fueron la forma de Quelato de Fe y Sulfato de Zinc a dosis de 50 μ M de Fe y Zinc respectivamente.

Literatura citada

- Bouis, H.E. 2003. Micronutrient fortification of plants through plant breeding: can it improve nutrition in man at low cost? Proc. Nutr. Soc. 62: 403–411.
- Cichy, K.A. 2005. Inheritance of seed zinc accumulation in navy bean. Crop Sci. 45: 864–870.
- Dietary References Intakes (DRI). 2000. National Research Council, Washington: National Academy Press.
- Graham, R.D. 2001. Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. Adv. Agron. 70: 77–142.
- Lyons, G.H., J.C.R. Stangoulis and R.D. Graham. 2003. High-selenium wheat: biofortification for better health. Nutr. Res. Rev. 16: 45-60.
- Poletti, S. 2004. The nutritional fortification of cereals. Curr. Opin. Biotechnol. 15: 162–165.
- Sánchez, E., R.M. Rivero, J.M. Ruiz and L. Romero. 2004. Changes in biomass, enzymatic activity and protein concentration in roots and leaves of green bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) under high NH_4NO_3 application rates. Scientia Horticulturae, 99:237-248.
- White, P.J. and M.R. Broadley. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. Trends in Plant Science. 10 (12): 586-593.

VARIACIÓN EN EL RÉGIMEN DE LUZ SOLAR PARA INDUCIR EL CRECIMIENTO EN PLÁNTULAS DE NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis* Koch)

¹González Cervantes Guillermo, ¹Potisek Talavera María del Carmen, ²Segura Castruita Miguel Ángel, ¹Jorge Chavez Simental, ¹González Barrios Jose Luis
¹INIFAP CENID RASPA, ²Instituto Tecnológico de Torreón
gonzalez.guillermo@inifap.gob.mx

Resumen

El presente trabajo se llevo a cabo en los invernaderos ubicados en el Campo Experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua–Suelo–Planta–Atmosfera (CENID-RASPA) El objetivo fue inducir el crecimiento de plantas de nogal al modificar la actividad fotosintéticamente activa de las hojas, mediante diferente intensidad de luz solar, utilizando invernaderos de cubierta diferente. El material vegetativo utilizado fue nogal pecanero (*Carya Illinoensis Koch*). Las variables evaluadas fueron altura de planta y morfología de estomas. Los resultados constatan que cuando las plantas se desarrollan con una intensidad lumínica del 70% tienden a presentar un crecimiento similar al desarrollado en un ambiente de luminosidad del 50%, principalmente para la variable altura de planta. Por otra parte, las plantas con menor desarrollo son las que recibieron una intensidad de luminosidad al 100%.

Palabras clave: Radiación, fotosintéticamente activa, Invernaderos, Análisis de imagen.

Abstract

This study was conducted in greenhouses located in the experimental field of National Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), National Research Center Disciplinary water-soil-plant-atmosphere (CENID-bark) The objective was to induce the growth of walnut plants by changing the activity of photosynthetic active leaves, using different intensities of sunlight, using different indoor greenhouses. The plant material used was walnut Pecan (*Carya illinoensis Koch*). The variables evaluated were plant height and morphology of the stomata. The results find that when the plants develop a light intensity of 70% growth tend to be similar to those developed in a brightness of 50%, mainly for plant height variable. Moreover, less developed plants are receiving a light intensity of 100%.

Key Words: Radiation, photosynthetically active, Greenhouses, Image analysis.

Introducción

La radiación solar es interceptada por la hoja y es absorbida por cromóforos o moléculas susceptibles al efecto de esta radiación. Por lo tanto, los cambios morfológicos y anatómicos que son inducidos por la radiación pueden llegar a ser determinantes en las respuestas de las distintas especies vegetales sometidas a un aumento de este tipo de radiación. Uno de los parámetros de crecimiento en las plántulas de nogal que es notablemente alterado por un aumento de la radiación solar es el área foliar. La disminución del área foliar, que se refleja en la presencia de hojas de menor tamaño, se produciría como consecuencia del efecto inhibitorio de la radiación sobre la expansión del epitelio de la cara adaxial que es la que normalmente recibe flujos de radiación mayores a la abaxial. En las hojas éste factor es de vital importancia, ya que éstas se encargan de realizar los procesos de fotosíntesis y fotorespiración, los cuales se llevan a cabo en los cloroplastos a través de pequeños poros en la superficie de la hoja, generalmente de la cara abaxial llamados estomas. La principal función de los estomas es la fotosíntesis, pero también participan en el intercambio de gases con la atmósfera capturando el dióxido de carbono (CO₂) y liberando oxígeno. El producto de la actividad fotosintética (carbohidratos) se acumula en los tejidos permanentes de la madera del tallo y la raíz para proveer alimento, estimular el crecimiento y la brotación al inicio del siguiente ciclo (Toledo, 2009).

La radiación solar presenta tres parámetros de importancia para las plantas, intensidad, calidad y duración de la luz, que influyen en la forma y tamaño de las hojas (estomas), tallos (xilema) y raíces (xilema). Por el contrario una disminución en intensidad, calidad y duración de la luminosidad o la

luz roja provoca alargamientos de entrenudos, tallos más finos, hojas anchas y finas y escaso desarrollo del sistema radicular (Coletto, 1994).

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación, fue de inducir el crecimiento de plántulas de nogal a diferentes niveles de luz solar y su relación con el área foliar y morfología estomática.

Materiales y Métodos.

Este trabajo está basado en datos obtenidos en el área de invernaderos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID-RASPA) ubicado en Gómez Palacio, en el estado de Durango, México, en la región conocida como Comarca Lagunera. Esta región se localiza entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1139 m el clima es seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1 °C, con rangos de 38.5 °C como media máxima y 16.1°C como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2396 mm, la insolación media anual es de 2 600 horas luz y la radiación solar global anual varía entre 400 w m⁻².

Germinación de semillas para la obtención de plántulas de nogal, para ello fueron seleccionadas nueces de la última cosecha de un nogal nativo de la región, con buen porte y sano. Enseguida las semillas se desinfectaron con una solución de Captan al 80% durante 1 hora, se dejaron secar, en un lugar seco y aireado. Posteriormente fue realizada la siembra en cajas de plástico con sustrato de arena, cuando las plántulas alcanzan una altura de 10 cm, se trasladaron en bolsas de plástico negro de 60 cm de altura por 25 cm de diámetro y se trasladaron a los invernaderos y en campo.

Variables de crecimiento. Tres plántulas por tratamiento fueron seleccionadas, y se midieron en cada plántula, altura, y área foliar, durante los meses de marzo a septiembre del 2009 y 2010 con una frecuencia de 15 días y en las tres condiciones de luz solar 100, 70 y 50%.

Mediciones de la morfología de estomas. En las tres plantas por tratamiento, fueron seleccionados tres folíolos por plántula, en un horario entre las 10:00 y las 11:00 am, enseguida se trasladaron al laboratorio para su digitalización y cuantificación mediante la técnica del análisis de imagen.

La técnica del análisis de imagen. Para la obtención y tratamiento de imágenes sobre las superficies de las hojas, tallos y raíz, se realizaron con la ayuda de una cámara digital marca Olympus CCD de 4 megapíxeles instalada en un microscopio estereoscópico, para los estomas se realizó, bajo la forma de una matriz rectangular de 2 x 2.5 mm, o sea 5 mm², con una resolución espacial de 1 µm por píxel, para la descripción de los conductos anatómicos en tallo y raíz, se utilizó una matriz rectangular de 4.5 x 6 mm, es decir, 27 mm², con una resolución espacial de 3 µm por píxel, iluminando las muestras con luz visible, dentro de una caja negra para evitar el reflejo de la luz natural, para evidenciar los conductos anatómicos de la madera sólida. El tratamiento de la imagen se realizó con la ayuda de un analizador Pro Plus® versión 4.5 (Media Cibernética Maryland, USA) bajo micro computadora personal.

La caracterización de la morfología de los estomas y xilema, se realizó a partir de un parámetro morfológico: el tamaño expresado por el área de su sección sobre la imagen descrita por la ecuación 1 (Coster y Chermant, 1985), que agrupa tres clases de tamaño: Pequeños, medianos y grandes.

$$(Ecuación 1) \quad 4 \pi X \text{Área}$$

Luz solar. La irradiancia de los tratamientos de luz se midió con un espectrorradiómetro Li – COR, serie LQA1735 con unidad de salida de (µmol s⁻¹ m⁻²) que representa el número de fotones de una cierta longitud de onda incidente por unidad de área y por unidad de tiempo, que comúnmente se utiliza para describir el PAR, en el rango de 400 a 700 nm de longitud de onda de la luz visible, en las tres condiciones ambientales, la obtención de datos se realizó a las 9:00 am, 12:00 y 15:00 horas, cada semana, durante los meses de marzo a agosto.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos de las mediciones efectuadas a los conductos anatómicos de raíz y tallo así como de los estomas a partir del análisis de imagen, fueron procesados en el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS) 9.0 bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones, de donde se obtuvieron los análisis de varianza y comparación de medias correspondientes a cada variable evaluada.

Resultados

Área foliar. El Cuadro 1 muestra la comparación de medias obtenida a partir del análisis estadístico donde observamos que las plantas bajo el tratamiento de incidencia solar al 50 % desarrollaron mayor área foliar con 121,875 mm², y estadísticamente igual al tratamiento de nivel solar al 70 % con 113,270 mm² de área. El tratamiento con un 00 % de luz solar presentó menor área siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos mostrando 13,913 mm² de área foliar.

Cuadro 1. Área foliar en tres ambientes de intensidad de luz solar.

Incidencia solar en %	Media
100	13,913 B
70	113,270 A
50	121,875 A
C. V.	25

*Medias con misma letra son estadísticamente iguales. (DMS, $P \leq 0.05$).

La técnica de análisis de imagen empleada para realizar la caracterización de los estomas de los folíolos, permitió evidenciar su composición morfológica como se muestra en la Figura 1.

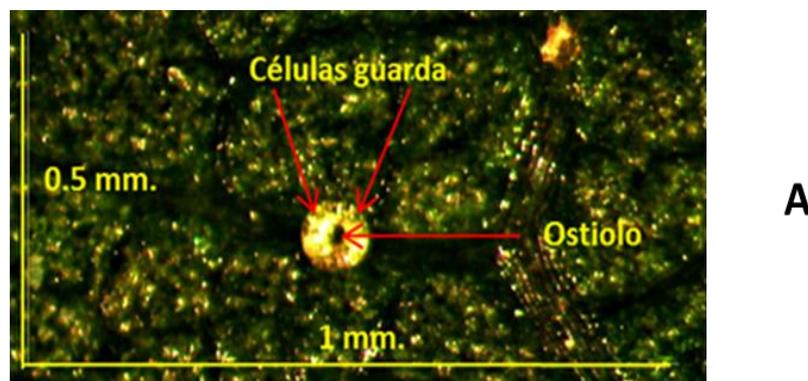


Figura 1. Composición anatómica del estoma (A) en hojas de nogal pecanero.

Densidad estomática. Mediante un histograma fue posible hacer una clasificación del tamaño de estomas resultando tres clases; los de tamaño pequeño < 0.0010 mm², los medianos con rango de 0.0010 a 0.0015 mm² y los grandes que midieron más de 0.0015 mm². El Cuadro 2 muestra la comparación de medias obtenidas del análisis estadístico realizado para la densidad estomática de acuerdo al tamaño.

Cuadro 2. Densidad estomática en tres ambientes de intensidad de luz solar.

Incidencia solar en %/ Tamaño	Pequeños	Medianos	Grandes
100	4 B	11 B	28 A
70	4 B	27 A	7 B
50	18 A	18 AB	1 C

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. (DMS, $P \leq 0.05$).

De acuerdo con la información del Cuadro 2, fueron detectadas diferencias estadísticas con una tendencia en el tamaño de los estomas al incrementar la incidencia solar de 50, 70 y 100 %, donde resaltan los estomas pequeños ($< 0.0010 \text{ mm}^2$), medianos (entre 0.0010 y 0.0015 mm^2) y (grandes 0.0015 mm^2), respectivamente.

Altura de planta. En el Cuadro 3 se presenta la comparación de medias entre la altura de las plantas y la incidencia de luz, esta fue mayor cuando la incidencia solar fue del 50 % (885 mm) seguidas con una exposición a la luz solar del 70 % (615 mm) y finalmente cuando el nivel de luz es del 100 % la altura máxima fue de 365 mm. Con base en el crecimiento de las plantas sometidas a diferente intensidad lumínica y que presentaron valores de crecimiento (altura, área foliar y densidad estomática) fueron las que recibieron un 50% de radiación, seguidas de aquellas plantas que recibieron un 70 % de radiación, y las de menor crecimiento fueron aquellas plantas que estuvieron expuestas al 100% de la radiación solar.

Cuadro 5. Altura de planta en tres ambientes de intensidad de luz solar.

Incidencia solar en %	Media
100	365 B
70	615 AB
50	885 A
C. V.	23.29

*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales. (DMS, $P \leq 0.05$).

Conclusiones.

En función a las condiciones en las cuales se llevó a cabo el presente experimento, se concluye lo siguiente:

En base al crecimiento de las plantas sometidas a diferente intensidad lumínica las que presentaron valores de crecimiento (altura y área foliar) estadístico fueron las que recibieron un 50% de radiación, seguidas de aquellas plantas que recibieron un 70 % de radiación, y las de menor crecimiento fueron aquellas plantas que estuvieron expuestas al 100% de la radiación solar.

Estadísticamente, el crecimiento de las plantas es muy similar cuando se desarrollan en invernaderos con diferente cubierta, sin embargo, económicamente si hay una diferencia entre estos invernaderos por lo cual se sugiere o recomienda el uso de invernaderos con cubierta de malla sombra antiáfidos y malla al 50% comúnmente denominada de bio espacios, para las condiciones de la Comarca Lagunera.

Literatura citada

- Arbo M. M. 2006. Tejidos conductores o vasculares. Morfología de plantas vasculares. Tema 15. Facultad de Ciencias Agrarias, Sgto. Cabral 2131. Corrientes, Argentina. <http://www.hiperbotanica.net/tema15/index15.htm>
- Coletto J. M. 1994. Crecimiento y desarrollo de las especies frutales. AgroguíasMundi-prensa 2ª Edición. México, D.F. ISBN 84-7114-534-0. Pág. 48-49.
- Estala M., A., Arreola-Tostado, J.M. y Cruz-Colín, L. 2007. Situación actual y perspectivas de la horticultura protegida en México y en el estado de Hidalgo. *In: Producción de hortalizas bajo un esquema de agricultura protegida.* Ixmiquilpan, Hidalgo. pp 10-17.
- Gardner, F. P.; Pearce, R. B. and Mitchell R. L. 1990. Physiology of crop plants. Iowa State University Press. U.S.A. 327p.
- Mexal G. J., E. A. Herrera, T. W. Sammis, W. H. Zachritz. 2003. Noncommensurable values of the pecan industry. Cooperative Extension Service Guide H-654. College of Agriculture and Home Economics. New Mexico State University. Las Cruces N M.
- Peichoto, C., González A. y Raisman J. 2000. Crecimiento Secundario: Madera. <http://www.efn.uncor.edu/dep/biologia/intrbiol/maderas.htm>

- Toledo V. S. A. 2009. El receso en frutales. Universidad Católica de Valparaíso [WWW.ECOPLANT.CLhttp://www.ecoplant.cl/EL%20RECESO%20EN%20FRUTALES.pdf](http://www.ecoplant.cl/EL%20RECESO%20EN%20FRUTALES.pdf)
- Torres, J. 2001. Histología: Glosario. <http://www.inea.uva.es/servicios/histologia/glosario.htm>
- Ponomarev Y. 2008. Climate change increases need for studies of gas Exchange between plants and the air. <http://spie.org/B1#B1>.
- González C. G., Sánchez C. I. y Villanueva D. J. 2004. Relación entre la disponibilidad de agua y la formación de anillos de crecimiento anual en huertos nogal pecanero. XII Simposium Internacional Nogalero. NOGATEC 2004.

OSCILACION TERMICA DEL SUELO Y SU RELACION CON LA COBERTURA VEGETAL Y BIOMASA SUPERFICIAL

González Cortés Juan Carlos¹, Licea Rodríguez Ana Elvira², Alcalá de Jesús María¹

¹Laboratorio de Edafología, Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

jcgonzalezcortes@yahoo.com.mx

²Tesista de la Facultad de Biología de la UMSNH.

Resumen

La reducción de la cubierta forestal en el bosque templado influye en las condiciones microclimáticas y de variables edáficas tales como la temperatura del suelo. Conocer el impacto que tienen diferentes condiciones de cubierta vegetal sobre la temperatura de un suelo de bosque templado fue el objetivo del presente estudio. Tres sitios fueron seleccionados, definiendo tres zonas de muestreo para cada sitio: a) con bosque, b) con renuevos y c) sin vegetación arbórea. El muestreo de suelo para determinación de la temperatura fue mensual con tres repeticiones y el registro a profundidades de 2, 5, 10, 20 y 50 cm, durante 8 horas, cada 30 minutos. La cobertura vegetal para cada zona fue estimada y la biomasa obtenida correspondió a la vegetación viva y muerta sobre el suelo. Los resultados mostraron que en la zona de bosque la oscilación térmica es menor, con características de cobertura arbórea y de mantillo, similares. Se evidenció el efecto que tiene la presencia de renuevos en la oscilación térmica, siendo menor en esta zona respecto a aquella sin cubierta forestal. La cobertura de pastos y herbáceas y su biomasa producida, no mostraron un efecto claro sobre la oscilación térmica. La oscilación promedio del periodo en los tres sitios mostró un gradiente de menor a mayor de la zona de bosque a la zona sin cobertura arbórea. A través del perfil, la oscilación térmica fue mayor a los 2, 5 y 10 cm, en tanto a los 20 y 50 cm fue menor.

Palabras clave: temperatura, renuevos, pastos.

Abstract

The fragmentation in temperate forest influences in the microclimate conditions and of variables such as soil temperature. Know the impact that has different conditions of vegetative coverage on the soil temperature of temperate forest was our objective. Three places in a fragmented forest were selected. Three zones of sampling for each place were established: a) forest, b) shoots and c) without forest tree. The sampling of soil temperature was monthly, with three repetitions in each zone. Registers of temperature to depths of 2, 5, 10, 20 and 50 cm were taken during 8 hours, each 30 minutes. The foliage coverage for each zone was estimated. The results showed that in the forest zone, the thermal swing is lowest, with characteristics of tree coverage and mulching, similar. It became clear the effect of the presence of shoot in the thermal swing, being lower in this zone, respect to that without forest coverage. The grass coverage and herbaceous and their biomass produced, did not show a clear effect on the thermal swing. The swing average for the period in the three sites showed a gradient from minor to major since the forest zone to the without tree coverage zone. Through the profile, the thermal swing was greater at 2, 5 and 10 cm, and lower to the 20 and 50 cm.

Key Words: temperature, shoots, grass.

Introducción

La reducción de la cubierta forestal no solo significa una pérdida del recurso natural como tal, sino implica la pérdida de continuidad, favoreciendo la fragmentación cuyo proceso provoca la división de un hábitat en secciones, y produce importantes cambios en la estructura de las poblaciones, comunidades y en el ambiente físico, tanto atmosférico, como del suelo. Los efectos de la fragmentación en el bosque templado han sido poco estudiado, siendo importante para aquellas entidades en la que la cubierta forestal se reduce a una tasa anual de 1.8 % (Bocco *et al.*, 2001) por la explotación forestal y cambio de uso del suelo. Las características del suelo, se modifican en menor o mayor grado, en función del nivel del disturbio, extensión y al tiempo que este se expone a factores de degradación. Las características del sustrato pueden ser determinantes en la sobrevivencia de especies

forestales, tales como la temperatura, la cual es importante en regiones templadas con estaciones bien marcadas.

La temperatura del suelo es importante debido a que de ella y de la humedad entre otras (Aparicio *et al.*, 1999) dependen las condiciones para desencadenar la germinación y establecimiento de las nuevas plántulas en el proceso de la regeneración natural, así como la respiración en el suelo (Wen *et al.*, 2006).

Considerando la importancia de la temperatura del suelo en diversos procesos biológicos naturales y el efecto que tiene la cubierta vegetal sobre esta, el objetivo del presente trabajo fue determinar la oscilación térmica edáfica bajo tres tipos y grados de cobertura: a) bosque de pino, b) renuevos de bosque con pastos y c) sin cobertura arbórea (claro con pastos y herbáceas).

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio. El área de estudio se localiza, 17 kilómetros al sur de la Ciudad de Morelia en el Estado de Michoacán. La toma de datos y muestreo, se realizó, en dos sitios donde era evidente la regeneración natural del bosque templado (fragmentado). Los sitios fueron seleccionados, considerando el tipo de suelo: derivados de ceniza volcánica, edad de los renuevos de 5-10 años, ubicación en laderas de cerros o lomas, con pendientes similares y menores a 12 grados. El primer sitio denominado "Lafrescura", se localizó en las coordenadas 19°33'31.4" N y 101° 11'51.9" W, a una altitud de 2358 m.s.n.m, con exposición este-oeste, el segundo, denominado "E Ejido" se localiza en las coordenadas 19° 31' 58.8" N y 101° 12' 6.5" W, a una altitud de 2339 m.s.n.m. (GPS, eTrex H) y exposición oeste-este, el tercero denominado "Campichahua" se localiza en las coordenadas 19°33'31.0" N y 101° 13'03" W, a una altitud de 2296 m.s.n.m. exposición oeste-este. El clima en el área es [Cb (w₁) (w) (i')g], templado con lluvias estivales y una temperatura media anual entre los 12°C y los 18°C, poca oscilación térmica (temperatura media mensual entre 5 y 7 °C). El periodo más lluvioso reportado por la estación meteorológica de Jesús de Monte (más próxima a los sitios de muestreo) se registra en los meses de julio, agosto y septiembre y el menos lluvioso se tiene en los meses de febrero y marzo (Carlón y Mendoza, 2007). La vegetación común en los sitios corresponde a *Pinus pseudostrobus*, *Quercus castanea* y *Styrax argenteus*.

Trabajo de campo y laboratorio. Para cada sitio de muestreo, se definieron tres zonas: a) con vegetación conservada de bosque, b) con renuevos de vegetación nativa (Pinos) y c). sin cobertura vegetal arbórea (pastos y herbáceas). Una vez definidos los sitios de muestreo se delimitaron cuadrantes de 20x20 m, para cada zona. Cada cuadrante se subdividió en cuadrantes de 1 m. Se seleccionaron al azar 3 cuadrantes de 1m por zona, para llevar a cabo el muestreo de suelo para determinar pH, materia orgánica (M.O), Textura, Densidad aparente (Da) y porcentaje de humedad del suelo.

Temperatura. Para registrar la temperatura se utilizaron termómetros de mercurio (Brannan de 305 mm, -20 a 110 °C) a 2, 5, 10 y 20 cm. En tanto para la temperatura de 50 cm se utilizó un termómetro digital (Hanna Instruments, mod. HI98840), equipado con sonda de punta metálica con espesor de 2 mm. Los termómetros se colocaron al centro de cada zona. El muestreo realizado fue mensual, de marzo a julio. El periodo de lectura de las temperaturas del suelo y ambiente, fue de 10:00 a 18:00 horas, en intervalos de 30 minutos.

Oscilación térmica. En este caso la oscilación térmica es la diferencia entre la temperatura más alta y más baja obtenida, de tal manera que se determinó la oscilación térmica del perfil en forma mensual a partir de la temperatura más alta y más baja en el mismo, la oscilación térmica del periodo de estudio para cada profundidad y la oscilación promedio de cada zona. Esta última como la suma de las oscilaciones obtenidas en el periodo para cada profundidad, divididas entre las 5 profundidades consideradas.

Cobertura vegetal. Considerando la importancia de la cubierta vegetal y su relación con la temperatura del suelo, así como en la variación de la humedad del suelo, se estimaron las coberturas, determinándose el área basal del tronco a la altura de pecho (1.5 m) utilizando cuadrantes de 17.07 x 14.14 m con tres repeticiones para el bosque y la zona de renuevos (Brower *et al.* 1998). En la zona

sin cubierta forestal, se estimó la cobertura de la vegetación rasante (pastos y pequeñas herbáceas) utilizando fotografías digitales que cubrían un cuadrante de 30x30 cm. Tomando en cuenta el tamaño de cuadrantes utilizados, se realizaron 12 repeticiones para cada zona. La biomasa se obtuvo de los cuadrantes utilizados para estimar cobertura de vegetación rasante. Un área equivalente en la zona de bosque fue muestreada, en donde la biomasa correspondió al mantillo que cubría el suelo. Análisis de estadística inferencial no se consideraron necesarios por el momento.

Resultados y discusión

Las características generales obtenidas para los tres sitios de muestreo se observa en el Cuadro 1. Lo cual mostró homogeneidad en los sitios para poder comparar los resultados.

Cuadro 1. Características del suelo* en los sitios de muestreo (0 - 50 cm).

Sitio	pH	% M.O.	Da	%Humedad	Clase Textural
La frescura	5.8 - 6.0	4 - 8	0.57 - 0.89	8 - 60	Franco-arenosa
El Ejido	5.0 - 5.7	3 - 18	0.73 - 0.95	9 - 70	Franca
Campichahua	5.3 - 5.8	5 - 12	0.70 - 0.85	9 - 70	Franco-arenosa

* Promedio de 6 repeticiones.

Por otra parte, las características de cobertura vegetal en $m^2 ha^{-1}$ y biomasa correspondiente a la vegetación de pastos y herbáceas así como del mantillo de bosque ($Kg ha^{-1}$) se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Cobertura basal* y de Pastos y herbáceas ($m^2 ha^{-1}$)**

Zona	Tipo-Cobertura	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
BOSQUE (BQ)	Cobertura Basal	2031	1757	2389
	Cobertura del suelo	10000	10000	10000
	Biomasa ***	18348.89	20969.33	20119.93
RENUEVOS (RV)	Cobertura Basal	118	64	109
	Cobertura del suelo	4000	5230	2389
	Biomasa	1877.56	2117.93	7262.44
SIN VEGETACION	Pastos y herbáceas	3040	4500	5167
ARBOREA (SV)	Biomasa	1517.26	1308.54	3184.12

* Promedio de tres repeticiones; **Promedio de 15 repeticiones; *** $kg ha^{-1}$

El análisis de temperaturas directas puede llevarnos a confusiones o bien no ver de manera clara algún efecto de la cobertura vegetal, motivo por el cual la oscilación térmica resultó la forma más adecuada para observar este efecto.

a) Oscilación térmica en el periodo por zona y sitio.

Sitio 1. La Frescura. Del análisis de la Figura 1, podemos observar que en la zona de bosque la oscilación térmica a través de los 5 meses de muestreo varió entre 1.39 y 3.49 °C, con una diferencia de apenas 2.1 °C en el periodo. Lo anterior indica una estabilidad para la zona de bosque. En la figura 1, esta estabilidad se muestra por la cercanía entre los puntos en los diferentes meses. En este sitio es claro el efecto de los renuevos en la regulación de la temperatura del suelo con valores de entre 2.91 y 8.44 con una diferencia de 5.53°C. para la zona sin vegetación arbórea los valores de oscilación variaron desde 1.5 hasta 10.81 con una diferencia de 9.31 en el periodo de 5 meses. Así, en este sitio queda clara la importancia de los renuevos en la regulación de la temperatura del suelo, que puede estar combinada con la cobertura de los pastos y herbáceas.

Sitio2. El Ejido. La Figura 2 muestra para la zona de bosque un comportamiento similar a del sitio 1 con valores de oscilación entre 0.91 y 3.44, dando una diferencia de 2.53, pero al ver la zona de renuevos los valores variaron de 1.16 a 10.29 °C, una diferencia de 9.13, que coincide con una

cobertura basal de renuevos baja (aproximadamente 50%) respecto a esta misma zona del sitio 1. Si observamos esta oscilación es similar a la de la zona sin vegetación del sitio 1, lo cual sugiere que una cobertura basal de renuevos debe ser $> 100 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ para tener un efecto notable en la regulación de temperatura del suelo. En la zona sin vegetación arbórea los valores de oscilación variaron de 1.83 a 10.04 con una diferencia de 8.21 °C. En esta zona se tienen valores de cobertura y biomasa menores que en la de renuevos, sin una influencia aparente sobre la oscilación térmica, lo cual sugiere que la composición de herbáceas y pastos puede ser importante en la intercepción de energía.

Sitio 3. Campichahua. En este sitio en la zona de bosque se repite el comportamiento estable (Fig.3) ya observado previamente en los sitios 1 y 2, con valores de oscilación entre 0.78 y 8.08, y una variación de 7.3. Esta variación alta al parecer atípica es ocasionada por una temperatura máxima en el mes de junio. No obstante en el resto de los meses la oscilación es similar a la del sitio 1 y 2. Si se omite este valor alto tendríamos una variación de 1.92 °C. En la zona de renuevos los valores de oscilación fueron de 0.98 a 8.18 con una diferencia de 7.2 °C. Que corresponde una cobertura basal de renuevos similar a la del sitio 1. La zona sin vegetación arbórea tuvo una oscilación de 1.15 a 12.21 y una diferencia de 11.06 °C, a pesar de tener una mayor cobertura y biomasa, lo cual nos sugiere que no solo es la cobertura sino el tipo de vegetación lo que podría determinar la protección del suelo.

b) Oscilación térmica en el periodo para cada profundidad, zona y sitio.

Sitio 1. En la Figura 4, se observa que la oscilación térmica fue mayor en los estratos superficiales, confirmando que fue en la zona sin vegetación arbórea donde se obtuvieron los valores más altos de oscilación. En este mismo gráfico es evidente que la oscilación térmica a través del perfil fue menor a los 50 cm de profundidad para las tres zonas.

Sitio 2. La Figura 5 muestra que en la zona de renuevos, la oscilación térmica a través del perfil fue mayor, respecto a la zona sin vegetación, lo cual confirma que en esta zona y sitio en donde la cobertura basal de los renuevos es más baja, hay una falta de protección y eso aumenta la oscilación térmica del suelo. Respecto al comportamiento general a través del perfil se tiene que nuevamente que a los 50 cm hay una menor oscilación térmica.

Sitio 3. En la Figura 6 observamos que se conserva la tendencia a una menor oscilación térmica al ir profundizando en el perfil. En este sitio la zona de renuevos mostró menor oscilación térmica en la superficie del suelo, lo cual puede ser atribuido a un efecto sinérgico de la protección por los renuevos de bosque junto con una cobertura de pastos y herbáceas más alta de los tres sitios.

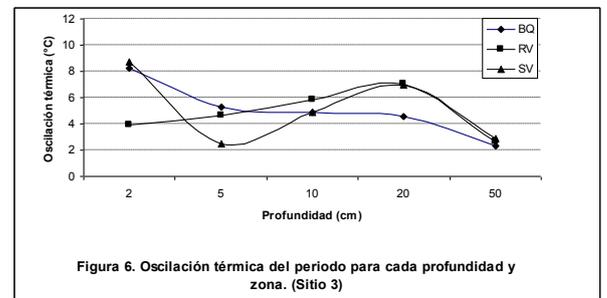
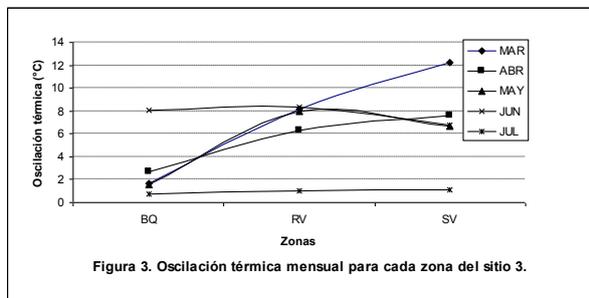
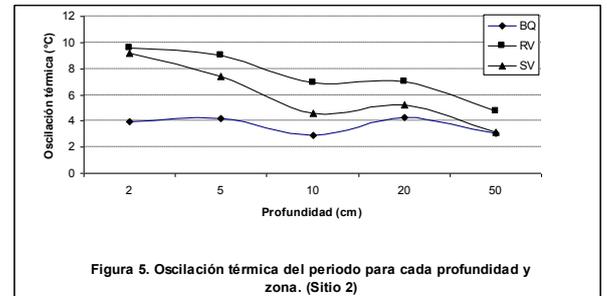
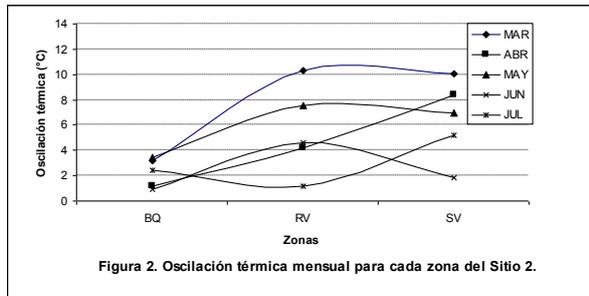
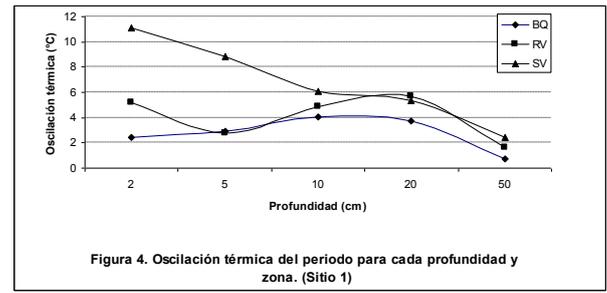
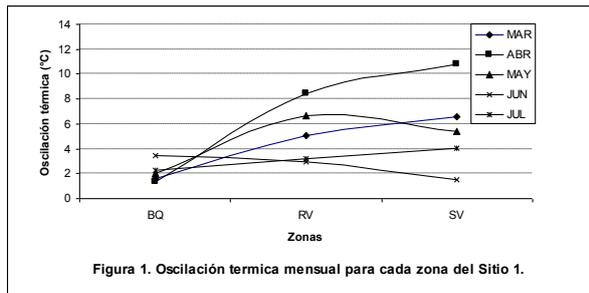
c) Oscilación promedio en el periodo por zona.

Considerando el promedio (Cuadro 3) de oscilación térmica en el perfil del suelo de los 5 meses, se obtuvieron los siguientes valores para cada sitio (1, 2 y 3):

Cuadro 3. Oscilación promedio en el periodo.

<i>a) Zona de bosque:</i>	2.15, 2.23 y 2.95
<i>b) Zona de renuevos:</i>	5.25, 5.57 y 6.35
<i>c) Zona sin vegetación arbórea</i>	5.67, 6.48 y 6.89

Lo anterior nos muestra que si existe una diferencia en la oscilación promedio, entre las zonas, siendo más marcada entre el bosque respecto a las de renuevos y sin vegetación arbórea. Aún entre la zona de renuevos y sin vegetación arbórea hay una diferencia evidente que se conserva en los tres sitios muestreados.



Conclusiones

En la zona de bosque las curvas de oscilación mínima durante el periodo de estudio fueron consistentes, lo cual confirma el efecto protector de la cobertura arbórea junto con el mantillo de bosque. La presencia de renuevos fue un factor importante en la oscilación térmica siendo mayor en el sitio 2 en donde la cobertura por renuevos fue más baja, sugiriendo que existe un umbral en el cual se evidencia el efecto de la misma, siendo mayor a $100 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. La zona sin vegetación arbórea presentó los valores más altos de oscilación térmica. El efecto de los pastos y herbáceas en la oscilación térmica junto con su biomasa producida no fue muy claro, en este estudio. No obstante se sugiere un efecto protector retrasando las temperaturas máximas. A través del perfil del suelo, los valores más bajos de temperatura y oscilación se registraron a los 50 cm de profundidad. Los valores de oscilación más altos se presentaron en las profundidades de 2, 5, y 10 cm, donde el suelo está más expuesto al efecto de la radiación, lluvias y evapotranspiración.

Literatura citada

- Aparicio R. A., H. Cruz Jiménez., J. Alba Landa. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patulata* sch. Et Cham., *Pinus montezumae* lamb. y *Pinus pseudostrobus* lindl. En condiciones de vivero. Foresta veracruzana. Universidad veracruzana Xalapa. México. 1(2): 31-34.
- Bocco G., M. Mendoza y O.R. Masera. 2001. La dinámica del cambio de uso del suelo en Michoacán. Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de geografía, UNAM 44: 18-38.
- Wen X-F., G-R Yu, X-M Sun, Q-K Li, Y-F Liu, L-M Zhang, Ch-Y Ren, Y-L Fu y Z-Q Li. 2006. Soil moisture effect on the temperature dependence of ecosystem respiration in a subtropical *Pinus* plantation of southeastern China. Agricultural and Forest Meteorology. 137: 166-175.

FLUJO DE CO₂ EN LOS SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA Y LABRANZA CONVENCIONAL CON RASTREO, EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Cortés Jiménez Juan Manuel¹, Ruiz Vega Teresa de Jesús¹, Garatuza Payán Jaime², Yépez Enrico A.², Macías Cervantes Jaime³, Ortiz Avalos Alma Angélica¹, Zazueta E. Gerardo¹

¹Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora.

²Instituto Tecnológico de Sonora, Cd. Obregón, Sonora.

³Campo Experimental Valle del Fuerte, Juan José Ríos, Sinaloa.

E-mail: cortes.juanmanuel@inifap.gob.mx

Resumen

Se cuantificó el flujo de CO₂ a 0-10 cm de profundidad, en un suelo arcilloso sometido durante 10 años al sistema de siembra directa y a labranza secundaria a base de rastreo y se correlacionaron los valores con la temperatura y la humedad del suelo. El flujo de carbono se evaluó en 10 fechas en el período enero-agosto de 2011. Se utilizó un diseño de bloques al azar con seis repeticiones. Se observó diferencia significativa en el flujo de CO₂ para la interacción sistemas de labranza por fecha de evaluación. El valor promedio para la temperatura del suelo, fue de 30.05 y 38. 15°C para el tratamiento de siembra directa y labranza convencional respectivamente, mientras que los valores de humedad fueron de 17.92 y 12.58% en el mismo orden. Los flujos de CO₂ fueron de 0.322 y 0.360 g CO₂ m⁻² h⁻¹ para los mismos tratamientos.

Palabras clave: *flujo de carbono, métodos de labranza.*

Abstract

Was quantified the flux of CO₂ at 0-10 cm deep in a clay soil with tillage treatments for 10 years under the system of secondary tillage and direct seeding. Values were correlated with temperature and soil moisture. The carbon flux was evaluated in 10 dates in the period from January to August 2011. Was used randomized block design with six replications. Significant difference was observed in the flow of CO₂ for the interaction of tillage systems assessment date. The average value for the soil temperature was 30.05 and 38. 15 ° C for the treatment of direct seeding and conventional tillage, respectively, while humidity values were 17.92 and 12.58% in the same order. CO₂ fluxes were 0.322 and 0.360 g CO₂ m⁻² h⁻¹ for the same treatments.

Key word: *carbon flux, tillage methods.*

Introducción

En condiciones naturales el carbono se incorpora al suelo a través del aporte continuo de material orgánico, principalmente de origen vegetal. En suelos cultivados el mayor aporte de C ocurre con los residuos de cosecha. Los gases entran o salen del suelo por flujo de masa y por difusión y el flujo de masa se produce debido a variaciones de temperatura y de presión entre las distintas capas del suelo y entre éste y la atmósfera (Healy *et al.*, 1996). Recientemente, se ha incrementado el interés en las prácticas de labranza que reducen las pérdidas de carbono de los suelos. La labranza aumenta la aireación del suelo y la mezcla de los residuos de cosecha con el suelo, por lo cual se considera una práctica que aumenta las pérdidas de carbono de los suelos agrícolas (Regina y Alakukku, 2010). En la labranza de conservación la nueva cosecha se siembra sobre el rastrojo del cultivo anterior sin ningún tipo de labranza anterior. Dado que la descomposición de los residuos de cosecha puede disminuir la agregación de la capa superficial del suelo, esta se vuelve más estable y el carbono del suelo se conserva en la capa superficial del suelo (Lal, 1997). Sin embargo, también existe información de que el contenido de carbono no siempre cambia en labranza de conservación (VandenBygaart *et al.*, 2003). La mayor parte del flujo de CO₂ que generan los suelos agrícolas proviene de la degradación de residuos vegetales y materia orgánica. Si bien es mucho mayor la cantidad de carbono en la materia orgánica que la que se encuentra en residuos, al ser éstos más fácilmente degradables, una proporción importante de la respiración del suelo se puede generar durante su descomposición. A medida que aumenta el contenido de carbono orgánico se incrementa la respiración heterotrófica del suelo (Chevalier *et al.*, 2006). También es mayor la respiración microbiana al incrementarse la cantidad de

residuos vegetales. Del total de CO₂ emitido por los suelos un 10 a un 80 % puede generarse en la descomposición de residuos, según la abundancia relativa de éstos (Jacinthe *et al.*, 2002). Al incorporarlos en sistemas de manejo con labranza, se incrementa su velocidad de descomposición, siendo también mayor la emisión inicial de CO₂ desde los mismos en relación a sistemas que dejan los rastrojos sobre la superficie del suelo (Curtin *et al.*, 1998).

La temperatura y la humedad son factores ambientales con muy alto impacto sobre la respiración edáfica. En ecosistemas de regiones templadas la temperatura regula fuertemente la emisión de CO₂ desde el suelo, siendo su efecto generalmente más importante que el del contenido de agua, tanto en ecosistemas naturales, como cultivados. Sin embargo, en ecosistemas tropicales y áridos a semiáridos (Akinremi *et al.*, 1999; Conant *et al.*, 2000) el contenido de humedad del suelo puede también afectar significativamente el flujo de CO₂ desde el suelo a la atmósfera, por pasar a ser la disponibilidad de agua una limitante importante de la actividad biológica. Bajo sistemas de labranza conservacionista, y especialmente bajo siembra directa, los suelos están más fríos, por estar cubiertos por rastrojo (Grant *et al.*, 1990). El objetivo de este estudio fue cuantificar los flujos de CO₂ en dos sistemas de labranza y determinar su relación con la temperatura y humedad del suelo.

Materiales y Métodos

La presente evaluación se realizó durante el ciclo otoño-invierno 2010-2011, en las instalaciones del Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, ubicado en el Block 910 del Valle del Yaqui, a 27° 22' 3.01" N y 109° 55' 40.22" W, en un suelo de textura arcillosa. Se midió el flujo de CO₂ en suelos sometidos durante 10 años a Labranza convencional con rastreo (LC) y siembra directa o labranza cero (SD) en la rotación trigo-trigo. Se monitoreó el flujo de carbono asociado a cada práctica de labranza en el período enero-agosto de 2011, los días 29/01, 5/02, 17/02, 11/03, 25/03, 15/04, 20/04, 29/04, 01/07 y 04/08 con 6 repeticiones por tratamiento. La medición se realizó a 0-10 cm de profundidad, para lo cual se limpió de residuos de cosecha la superficie del suelo. Para la medición de los flujos de CO₂ se utilizó un sistema de cámara dinámica cerrada conectada a un analizador de gases infrarrojo (IRGA, LI-820, Licor, Lincoln NE, USA), con una bomba neumática (GAST, Benton Harbor MI, USA) para hacer circular el aire por el sistema, y un regulador de flujo (Cole-Parmer, Vernon Hills IL, USA), el aire del sistema pasa por un filtro (BALSTON DFU, Haverhill MA, USA) para prevenir impurezas en el sistema, un termopar para monitorear la temperatura del aire dentro de la cámara, una salida de presión en la parte superior de la cámara (0.2 cm de diámetro interno y 1.8 cm de altura), y sensores periféricos de humedad de suelo (HH2 Moisture Meter, Delta-T Devices, Cambridge, England) y temperatura de suelo. La cámara tiene una forma cilíndrica, con un diámetro interno de 10 cm y una altura de 12.8 cm, que cubre un volumen de $1.44 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ (Figura 1). La velocidad de flujo se ajustó a 500 ml min^{-1} a velocidad constante. Los datos se almacenaron en una consola CR23X Micrologger, Campbell Sci, Logan UT, USA (Figura 1). El sistema mide durante 150 segundos el incremento de CO₂ dentro de la cámara, en el punto de muestreo (Cueva, 2011).

Los datos se analizaron en MSTAT (Russell D. Freed, MSTAT Director Crop and Soil Sciences Department Michigan State University) usando un diseño factorial de bloques al azar, donde el factor A correspondió a los tratamientos de labranza y el factor B a las fechas de lecturas y la interacción entre ambos. Se realizó un análisis de regresión lineal con StartGraphis versión 5.1 con la información de flujos de CO₂, temperatura y humedad del suelo.

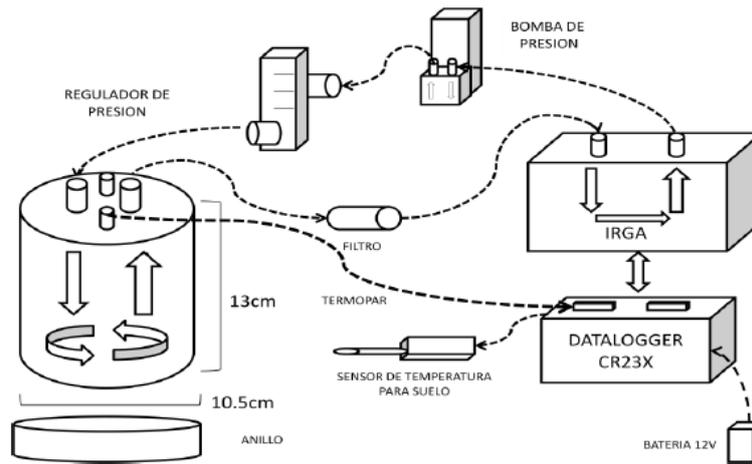


Figura 1. Diagrama conceptual de la cámara de respiración de suelo (Cueva, 2011).

Resultados y Discusión

Se observó diferencia significativa en el flujo de CO₂ para la interacción sistemas de labranza por fecha de evaluación. En promedio, el tratamiento de rastreo incrementó el flujo en 0.038 g CO₂ m⁻² h⁻¹. Únicamente el día 17 de febrero se encontró un flujo de CO₂ significativamente mayor en el tratamiento de LC, cuando los valores para SD y LC fueron de 0.369 y 0.671 g CO₂ m⁻² h⁻¹ respectivamente. Sin embargo, en siete de las 10 fechas de evaluación, el flujo de CO₂ fue mayor en el sistema de labranza convencional con rastreo. Para las variables temperatura y humedad de suelo se encontró diferencia significativa entre sistemas de labranza y en la fecha de lectura. Al evaluar la variabilidad temporal de los flujos de CO₂ en ambos sistemas de labranza, la mayor tasa de flujo de CO₂ se registró el 29-Ene con 0.596 g m⁻² h⁻¹ asociado a una temperatura de suelo de 44.4°C con un contenido de humedad de 20.5%. La menor tasa de flujo de CO₂ se registró el 04-Ago con 0.046 g m⁻² h⁻¹ con una temperatura de suelo de 63.3°C y un contenido de humedad de 19.0%. Las diferencias en humedad del suelo se deben a la aplicación de riego hasta el mes de marzo y al efecto de la precipitación de abril a agosto. Se observó que a mayor temperatura del suelo menor flujo de CO₂ en ambos sistemas de labranza (Figura 1). Por otro lado, se observaron correlaciones bajas entre los flujos de CO₂ y temperatura y humedad del suelo al realizar el análisis de regresión con los resultados de las 120 observaciones registradas para cada variable, por lo que se realizó el análisis de regresión evaluando la variabilidad temporal de los flujos de CO₂ y temperatura y humedad del suelo en cada sistema de labranza (Figura 2 y Cuadros 1-5).

El comportamiento de la temperatura y la humedad del suelo en ambos sistemas de labranza fue el que se reporta en la literatura, ya que en el sistema de siembra directa se mantiene el 100% de los residuos de cosecha sobre la superficie y esta cobertura de paja al actuar como barrera física, reduce las pérdidas por evaporación del agua contenida en el suelo, sin embargo la cobertura de paja también reduce la temperatura del suelo al evitar la incidencia de los rayos del sol directamente sobre la superficie del mismo. En este sentido, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos de labranza, entre fechas de evaluación, e interacción entre ambos factores, tanto para temperatura como humedad del suelo. En todos los casos, se observó un mayor contenido de humedad y una menor temperatura del suelo, en el sistema de siembra directa (Figura 2 y Cuadros 1-5). En promedio, no se encontró una correlación significativa entre las variables analizadas, lo cual si fue posible observar al correlacionarlas dentro de fechas de evaluación. El valor promedio para la temperatura del suelo, fue de 30.05 y 38.15°C para el tratamiento de siembra directa y labranza convencional respectivamente, mientras que los valores de humedad fueron de 17.92 y 12.58% en el mismo orden.

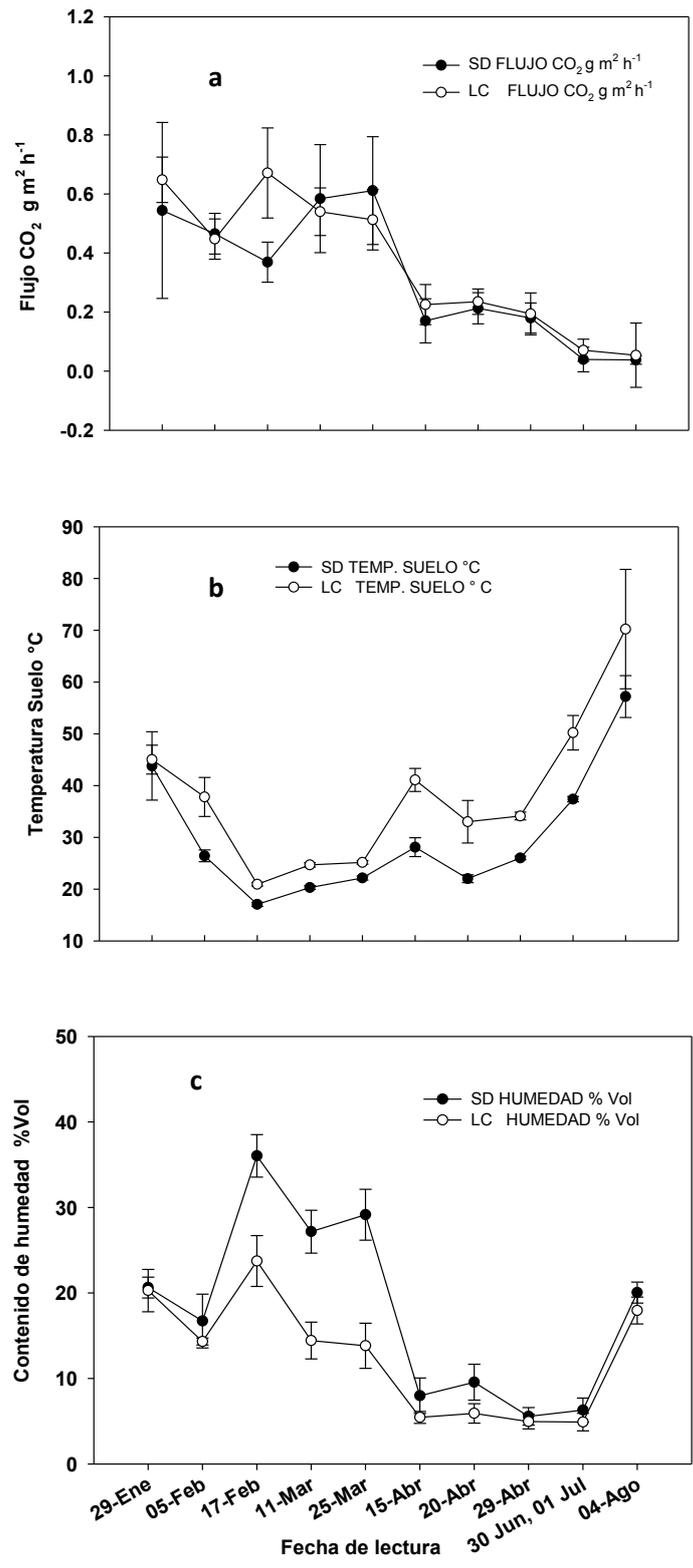


Figura. 2 Variación temporal de (a) flujo de CO₂, (b) temperatura del suelo y (C) contenido de humedad en el suelo.

Cuadro 4. Efecto de la fecha de muestreo sobre flujos de CO₂ en dos sistemas de labranza.

FECHA	SD	LC	MEDIA
	Flujo CO ₂ (g m ⁻² h ⁻¹)	Flujo CO ₂ (g m ⁻² h ⁻¹)	
29-Ene	0.544	0.648	0.596
05-Feb	0.465	0.447	0.456
17-Feb	0.369 a	0.671 b	0.520
11-Mar	0.584	0.540	0.562
25-Mar	0.612	0.513	0.562
15-Abr	0.170	0.225	0.198
20-Abr	0.213	0.235	0.224
29-Abr	0.180	0.194	0.187
30-Jun, 01-Jul	0.040	0.071	0.055
04-Ago	0.038	0.054	0.046
MEDIA	0.322	0.360	

Tukey 0.01, 0.255

Cuadro 5. Modelos de regresión lineal entre el flujo de CO₂ en el suelo (g m⁻² h⁻¹) y la temperatura y el contenido de humedad en el suelo.

Temperatura de Suelo, °C								
Fecha	Siembra Directa				Labranza Convencional (Rastro)			
	Ecuación	R ²	P-Value	Error Estándar	Ecuación	R ²	P-Value	Error Estándar
29-Ene	Flujo CO ₂ = 1.27229-0.0166231* °C	0.1357	0.472	0.309	Flujo CO ₂ = -0.206216+0.0189704* °C	0.4847	0.130	0.062
05-Feb	Flujo CO ₂ = 1.29376-0.0313421* °C	0.2629	0.298	0.066	Flujo CO ₂ = 0.441176+0.000163757* °C	0.00008	0.986	0.073
17-Feb	Flujo CO ₂ = 1.70496-0.0783533* °C	0.2237	0.343	0.666	Flujo CO ₂ = 0.514541+0.00747458* °C	0.0002	0.975	0.170
11-Mar	Flujo CO ₂ = 6.92815-0.312382* °C	0.3744	0.197	0.162	Flujo CO ₂ = 2.70678-0.0877576* °C	0.2223	0.345	0.079
25-Mar	Flujo CO ₂ = 8.65562-0.363163* °C	0.6058	0.068	0.128	Flujo CO ₂ = -1.7301+0.0891154* °C	0.0855	0.574	0.109
15-Abr	Flujo CO ₂ = 0.0284723+0.0050499* °C	0.0152	0.815	0.083	Flujo CO ₂ = -0.844258+0.0260266* °C	0.7296	0.030	0.039
20-Abr	Flujo CO ₂ = -0.332014-0.00540985* °C	0.0059	0.884	0.058	Flujo CO ₂ = 0.445389-0.00636364* °C	0.3721	0.198	0.038
29-Abr	Flujo CO ₂ = -1.83273+0.077329* °C	0.2823	0.278	0.048	Flujo CO ₂ = 2.13642-0.0569192* °C	0.3470	0.218	0.064
30-Jun	Flujo CO ₂ = 1.70561-0.0445614* °C	0.2972	0.263	0.039	Flujo CO ₂ = 0.593596-0.0104111* °C	0.8519	0.009	0.016
04-Ago	Flujo CO ₂ = 0.0653593-0.000475105* °C	0.1715	0.805	0.016	Flujo CO ₂ = -0.238469+0.00416525* °C	0.1946	0.381	0.109
Contenido de humedad, % Vol								
Fecha	Siembra Directa				Labranza Convencional (Rastro)			
	Ecuación	R ²	P-Value	Error Estándar	Ecuación	R ²	P-Value	Error Estándar
29-Ene	Flujo CO ₂ = 0.430536+0.00550714* %Vol	0.0005	0.966	0.3301	Flujo CO ₂ = 0.850285-0.00998117* %Vol	0.1032	0.535	0.081
05-Feb	Flujo CO ₂ = 0.619207-0.00920778* %Vol	0.1771	0.406	0.0698	Flujo CO ₂ = 1.11135-0.0463783* %Vol	0.0766	0.595	0.073
17-Feb	Flujo CO ₂ = 0.834175-0.0129086* %Vol	0.2242	0.343	0.6666	Flujo CO ₂ = 1.72397-0.0443613* %Vol	0.7480	0.026	0.085
11-Mar	Flujo CO ₂ = 0.54453+0.00146026* %Vol	0.0004	0.970	0.2044	Flujo CO ₂ = 0.110164+0.0297739* %Vol	0.6295	0.059	0.055
25-Mar	Flujo CO ₂ = 1.57557 - 0.03307* %Vol	0.2911	0.269	0.1717	Flujo CO ₂ = 0.338345+0.0126143* %Vol	0.1059	0.529	0.108
15-Abr	Flujo CO ₂ = 0.239669-0.000867458* %Vol	0.0580	0.646	0.0808	Flujo CO ₂ = 0.232332-0.00128106* %Vol	0.0001	0.980	0.076
20-Abr	Flujo CO ₂ = 0.096971+0.0121198* %Vol	0.2339	0.331	0.0515	Flujo CO ₂ = 0.307055-0.0121304* %Vol	0.1026	0.536	0.045
29-Abr	Flujo CO ₂ = 0.183206-0.000572852* %Vol	0.0001	0.982	0.0135	Flujo CO ₂ = 0.336288-0.0286385* %Vol	0.1221	0.497	0.074
30-Jun	Flujo CO ₂ = -0.0968516+0.0216484* %Vol	0.5352	0.098	0.0319	Flujo CO ₂ = 0.100756-0.0061203* %Vol	0.0281	0.751	0.041
04-Ago	Flujo CO ₂ = 0.142998-0.00522766* %Vol	0.1916	0.385	0.0147	Flujo CO ₂ = -0.0190316+0.00407* %Vol	0.0034	0.912	0.122

Conclusiones

Existe un menor flujo de CO₂ en el sistema de siembra directa que en el sistema de labranza convencional a base de rastreo. La magnitud de los flujos depende de la fecha en que se determine esta variable, además del contenido de humedad y de la temperatura del suelo, lo cual indica que existen otras interacciones con el clima que deben ser analizadas.

Literatura Citada

- Akinremi O, McGinn S, McLean D. 1999. Effects of soil temperature and moisture on soil respiration in barley and fallow plots. *Can. J. Soil Sci.* 79: 5-13.
- Chevalier T, Blanchart E, Albrecht A, Feller C, Bernoux M. 2006. Impact of pasture establishment on CO₂ emissions from a Vertisol: consequences for soil C sequestration (Martinique, West Indies). *Can. J. Soil Sci.* 86: 779-782.
- Conant R, Klopatek J, Klopatek C. 2000. Environmental factors controlling soil respiration in three semiarid ecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 383-390.
- Cueva RAH. 2011. Diseño de un sistema portátil para determinar la variación espacial de la respiración de suelo en ecosistemas. Tesis Ingeniero en Ciencias Ambientales. ITSON. Cd. Obregón, Sonora.
- Curtin D, Selles F, Wang H, Campbell C, Biederbeck V. 1998. Carbon dioxide emissions and transformations of soil carbon and nitrogen during wheat straw decomposition. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 62: 1035-1041.
- Grant R, Izaurralde R, Chanasyk D. 1990. Soil temperature under conventional and minimum tillage: simulation and experimental verification. *Can. J. Soil Sci.* 70: 289-240.
- Healy R, Striegl R, Russell T, Hutchinson G, Livingston G. 1996. Numerical evaluation of static-chamber measurements of soil-atmosphere gas exchange: Identification of physical processes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60, 740-747.
- Jacinthe P, Lal R, Kimble J. 2002. Carbon budget and seasonal carbon dioxide emission from a central Ohio Luvisol as influenced by wheat residue amendment. *Soil Till. Res.* 67: 147-157.
- Lal R. 1997. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂-enrichment. *Soil Till. Res.* 43, 81-107.
- Regina K, Alakukku L. 2010. Greenhouse gas fluxes in varying soils types under conventional and no tillage practices. *Soil & Tillage Research* 109 (2010) 144-152
- VandenBygaart A, Gregorich E, Angers D. 2003. Influence of agricultural management on soil organic carbon: a compendium and assessment of Canadian studies. *Can. J. Soil Sci.* 83: 363-380.

INTERACCIÓN HUMEDAD - TEMPERATURA DEL SUELO CON FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y DOS NIVELES DE HUMEDAD

¹Rafael Figueroa V. tipeba@prodigy.net.mx; ¹Salvador Berumen P.; ¹Cirilo Vazquez V.; ¹Ignacio Orona C.; ²José Ángel Maraña S.; Antonio Gallegos P. y ¹Alejandro Martínez R.

¹Profesor Investigador de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (DEP-FAZ-UJED). ²Alumno de la DEP-FAZ-UJED.

Resumen

Se estudio el comportamiento de la temperatura, humedad y contenido de nitratos (NO_3) en un suelo que recibió diferentes dosis de estiércol y dos niveles de riego, calculándose además el rendimiento del cultivo de chile y el ahorro de agua. El trabajo se realizó en la region Lagunera, evaluándose seis tratamientos obtenidos de la combinación de tres dosis de estiércol solarizado de bovino lechero, 20, 40 y 60 t ha⁻¹; y dos láminas de riego (LR) basadas en el 60 y 80 % de la evaporación (EV). Los tratamientos se distribuyeron en bloques al azar con cuatro repeticiones. El contenido de humedad en el suelo aumentó con la dosis de estiércol, comportamiento normal si se considera que la materia orgánica en el suelo aumenta la capacidad de retención de humedad de éste. La temperatura fue mayor en los tratamientos que recibieron la menor lámina de riego, la mayor diferencia entre los dos niveles de riego estudiados fue de alrededor de 2°C. El comportamiento de los tratamientos del estiércol y la lámina de riego en la presente investigación indican que es posible producir chile jalapeño en la Comarca Lagunera utilizando una dosis baja de estiércol solarizado de bovino lechero (20 t ha⁻¹) combinada con una lámina de riego 44% menor a la aplicada a este cultivo con riego superficial en esta región, lo disminuye la salinización del suelo y permite un importante ahorro de agua de riego.

Palabras clave: *Estiércol de bovino solarizado, lámina de riego, cultivo de chile Jalapeño.*

Abstract

The behavior of temperature, moisture and nitrates content was studied in a soil that received different doses of manure and two irrigation levels. Likewise, chile crop yield was measured and irrigation water saving too. The research was performed at the region Lagunera, where six treatments obtained from the combination of three solarized bovine manure doses, 20, 40 y 60 t ha⁻¹, and two water depths, calculated from 60 and 80 % of pan evaporation (EV). Treatments were allocated based on a randomized complete block design with four replications. Soil moisture content increased as the manure dose increased, which is a normal behavior so that organic matter in the soil improves its water holding capacity. Temperature was higher in those treatments that received the lowest water depth, the higher difference between the two irrigation levels was around 2 °C. The behavior of the treatments in this study indicate that it is possible to produce Jalapeño chile crop using a low bovine manure dose (20 t ha⁻¹) combined with a 44 % lower water depth as compared to that applied using surface irrigation at the Comarca Lagunera region. This allows a lower salinization of soil and an important irrigation water saving.

Key Words: *Solarized bovine manure, irrigation water depth, chile Jalapeño crop.*

Introducción

A raíz de la revolución verde la política nacional alentó el uso de fertilizantes químicos que, usados en exceso han provocado contaminación del suelo, concentraciones altas de nitratos, así como la acumulación de metales pesados. La utilización de fertilizantes químicos aumenta en el suelo las emisiones de óxido nítrico, producto del proceso microbiano (Cadahia, 1998). Por esta razón es importante usar otras fuentes de nutrientes para los cultivos, como son las orgánicas, entre las que se encuentran los estiércoles. Los beneficios más importantes de estos materiales, además de proporcionar nutrientes para el cultivo son reducir la erosión del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo, mejorar el rendimiento de cultivos y proporcionar la alimentación y la energía de la biota del suelo, entre otros (Castellanos *et al.*, 1982). La mineralización del nitrógeno orgánico es influenciada, entre otros factores, por la temperatura y el contenido de humedad en el

suelo (Larcher, 1975). A su vez, la temperatura del suelo es afectada por el contenido de humedad en el mismo, por lo que la tasa de mineralización depende, en parte, de la interacción que existe entre esos dos factores y por lo tanto del nivel de cada uno de ellos (Brady, 2007).

La Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante de México, la cual produce además un millón de kilogramos de estiércol por día (SAGARPA, 2006).

Otro importante problema que enfrenta el productor agropecuario en la zona árida del norte del país, donde se ubica la Comarca Lagunera, es la falta de agua ya que la precipitación promedio anual es de 200 mm, lo que, junto con el hecho de que la eficiencia de riego con el método tradicional superficial es del orden del 60 al 30%, agrava la situación agrícola, por lo que se deben utilizar métodos de riego más eficientes, como lo es el riego por goteo (CONAGUA, 2001).

Con base en lo anterior, se realizó una investigación donde se determinó la interacción entre la temperatura y la humedad del suelo, para tratar de relacionarla con la concentración de nitratos en el suelo y el efecto sobre el rendimiento del cultivo de chile en un suelo donde se aplicaron tres dosis de estiércol solarizado combinadas con dos niveles de humedad en el suelo.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, localizada en el km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Dgo. Geográficamente se ubica en los 25° 46' 56" de latitud norte y 103° 21' 02" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel del mar de 1110 m. Según la clasificación de Köppen, presenta un clima árido con precipitación promedio anual de 230 mm y una evaporación alrededor de diez veces mayor que la precipitación, con una temperatura media anual de 20.7 °C. La textura del suelo es arcillosa y arcilo-limosa en los dos primeros estratos, hasta 30 cm de profundidad. El pH es de 6.8 y 6.9; la conductividad eléctrica de 1.5 y 2.7 dS, y el nivel de materia orgánica de 1.6% para los dos estratos. Se establecieron seis tratamientos producto de la combinación de tres dosis de estiércol solarizado (DES): 20, 40 y 60 t ha⁻¹, y dos láminas de riego (LR): 60 y 80% de la evaporación (EV); como testigo se usó la dosis de fertilización química 160-80-00 de N-P-K combinada con la mayor LR (80% EV). Se usó el riego por goteo para aplicar el agua al cultivo. La plantación se realizó el día 27 de Marzo del 2009 utilizando la variedad "Atlán" de chile Jalapeño, la cual se había sembrado en almacigo 50 días antes. El espaciamiento entre plantas fue de 0.3 m y entre hileras de plantas de 1.0 m. Se usó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se midió la temperatura, la humedad y el contenido de nitratos del suelo, así como el rendimiento del cultivo de chile Jalapeño. La temperatura y humedad se midieron a dos profundidades: seis y 12 cm en nueve muestreos, mientras que los nitratos del suelo se midieron al final del ciclo vegetativo.

Resultados y Discusión

Lamina de riego

El tratamiento basado en el 80% de la evaporación (80%EV) acumuló una lamina de riego de 69.6 cm, que equivale a un ahorro de 32% de agua en comparación con lamina promedio aplicada con riego superficial al cultivo de chile Jalapeño en la región, que es de 92 cm (Lujan *et al.*, 2005). En lo que respecta al nivel bajo de humedad, equivalente al 60% de la evaporación (60%EV), se aplicó una lamina total de 52.2 cm, que equivale a un ahorro de 44%.

Humedad del suelo

El comportamiento de esta variable fue similar en los dos estratos analizados (seis y 12 cm). Estadísticamente no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. El nivel de humedad en el suelo (Ps) fue mayor en los tratamientos que incluían la mayor lamina de riego (LR) calculada en base al 80% de la evaporación (80% EV), esto ocurrió en cuatro de los siete muestreos realizados en el estrato 0-6 cm y seis de los siete muestreos en el estrato 6-12 cm. Considerando el promedio por nivel de riego, la diferencia en contenido de humedad fue del 2.0% y 3.3% para los estratos superior e inferior, respectivamente; comparando todo el ciclo, el rango de valores fue de 1.3% en el quinto muestreo, a 9.7% en el segundo muestreo (26.6 vs 16.9% de humedad para 80%EV y 60%EV, respectivamente). A su vez, esta última diferencia equivale a un 57% de la humedad en el nivel bajo de riego (60%EV).

En cuanto al comportamiento del contenido de humedad por nivel de estiércol, en el estrato superior, el Ps aumentó con la dosis de estiércol, el cual es un comportamiento normal, ya que la materia orgánica en el suelo aumenta la capacidad de retención de humedad del suelo (Castellanos *et al.*, 1982).

En cuanto al rango de Ps por tratamiento, en el estrato superior fue de 24.2% (E40H60) a 28.2% (E60H80); mientras que en el estrato inferior el rango fue de 23.5% (E60H80) a 29.3% (E20H80).

Temperatura del suelo

El comportamiento de la temperatura del suelo varió entre estratos, en el superior (0-6 cm) no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, mientras que en inferior (6-12 cm) hubo significancia estadística en siete de los nueve muestreos realizados. En ambos estratos, en general, la temperatura fue mayor en los tratamientos que recibieron la menor lámina de riego. Esto ocurrió en la totalidad de los muestreos en el estrato superior, y en ocho de nueve muestreos en el estrato inferior. Este comportamiento es normal si se considera que el agua tiene un mayor calor específico en comparación con el suelo, por lo tanto, un suelo con mayor humedad elevará su temperatura en menor grado que un suelo con menor contenido de humedad (Brady, 1990). El rango de valores de la diferencia en temperatura entre los dos niveles de humedad en el suelo considerando la totalidad de los muestreos fue, para el estrato superior, de 0.13 a 1.75 °C (primer y segundo muestreo, respectivamente); mientras que en el estrato inferior el rango fue de 0.13 a 1.25 °C, los cuales se presentaron en el séptimo y en el segundo muestreo, respectivamente. La temperatura promedio del total de los muestreos por nivel de riego fue de 27.2 y 26.1 para el 80%EV en los estratos superior e inferior, respectivamente; y de 27.9 y 26.7 °C para el menor nivel de riego.

Respecto a la dosis de estiércol, la temperatura no mostró una tendencia clara, observándose poca variación entre dosis, con un rango de valores de 27.4 y 27.7 °C en el estrato superior, y de 26.3 y 26.5 °C en el estrato inferior.

En cuanto a la diferencia entre estratos y nivel de riego, la temperatura fue mayor en el estrato superior, siendo de 1.0 y 1.1 °C para el 80 y 60%EV, respectivamente. En lo que respecta a las dosis de estiércol, las diferencias fueron también de alrededor de un grado centígrado.

Nitratos (NO₃)

No se presentó significancia estadística en el contenido de nitratos en el suelo en ninguno de los tres estratos muestreados (0-15, 15-30 y 30-45 cm). El nivel de NO₃ disminuyó con la profundidad del estrato, lo cual se debe a que el estiércol se incorpora a una profundidad de 20 a 25 cm. Por dosis de estiércol, la intermedia (40 t ha⁻¹) mostró la mayor concentración de NO₃, seguido por la de 60 t ha⁻¹ (5.0 y 4.1 ppm, respectivamente). En lo que respecta al comportamiento por lámina de riego (LR), el contenido de NO₃ fue más alto en la menor LR (4.4 y 3.8 ppm, para 60 y 80%EV, respectivamente). Esto se pudo deber a la mayor temperatura ocurrida en el menor nivel de riego, lo cual contribuyó a una mayor mineralización, es decir, la temperatura influyó más que la humedad del suelo.

Rendimiento

No se presentó significancia estadística en el rendimiento de fruto fresco. Numéricamente, se observó una tendencia de mayor rendimiento con la dosis de estiércol más alta (60 t ha⁻¹) con 37.15 t ha⁻¹, mientras que la dosis intermedia (40 t ha⁻¹) produjo 33.31 t ha⁻¹ (Figura 1). En lo que respecta a la comparación por nivel de riego, el rendimiento fue muy similar obteniéndose valores de 35.5 y 34.81 t ha⁻¹ de chile para el nivel de riego menor y mayor, respectivamente.

Es importante señalar que el rendimiento en todos los tratamientos evaluados en el presente estudio superaron a la media regional obtenida con riego superficial que es de 27.1 t ha⁻¹.

El comportamiento de los tratamientos de estiércol y lámina de riego en el presente trabajo de investigación indican que es posible producir chile Jalapeño en la Comarca Lagunera utilizando una dosis baja de estiércol solarizado de bovino lechero (20 t ha⁻¹) combinada con una lámina de riego 44% menor a la aplicada a este cultivo con riego superficial en la Comarca Lagunera (Lujan *et al.*, 2005).

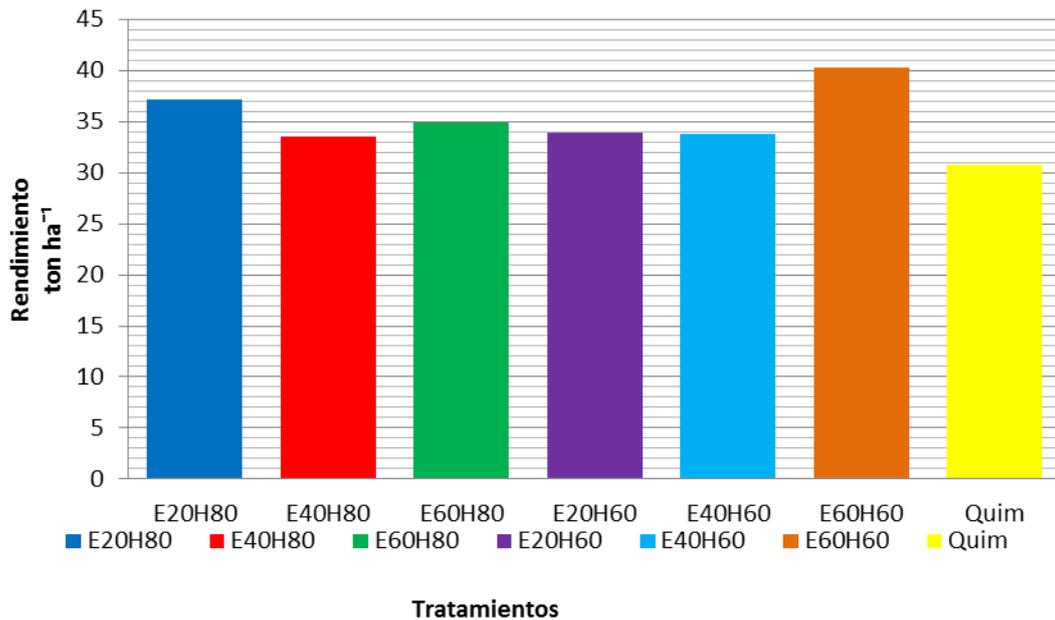


Figura 1. Comportamiento del rendimiento de chile, en respuesta a tres dosis de estiércol solarizado y dos niveles de humedad en el suelo. E20, 40 y 60= 20, 40 y 60 t ha⁻¹ de estiércol; H60 y 80= lámina de riego basada en el 60 y 80% de la evaporación (EV); Quim=Fertilizante químico con una formulación de 160-80-00 de N-P-K. FAZ-UJED, 2009.

Conclusiones

El contenido de humedad en el suelo aumentó con la dosis de estiércol, el cual es un comportamiento normal, ya que la materia orgánica en el suelo aumenta la capacidad de retención de humedad de éste. La temperatura fue mayor en los tratamientos que recibieron la menor lámina de riego, la mayor diferencia entre los dos niveles de riego estudiados fue de alrededor de 2°C.

El comportamiento de los tratamientos de estiércol y lámina de riego en la presente investigación indican que es posible producir chile Jalapeño en la Comarca Lagunera utilizando una dosis baja de estiércol solarizado de bovino lechero (20 t ha⁻¹) combinado con una lámina de riego 44% menor a la aplicada a este cultivo con riego superficial en la Comarca Lagunera. Esto permite una menor salinización del suelo y un importante ahorro de agua de riego.

Literatura Citada

- Brady, N.C. 2007. The nature and properties of soils. Tenth edition. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ.
- Cadahia, C. 1998. Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y ornamentales. (referencia incompleta)
- nos, R.J.Z. 1982. Estudios sobre la producción, utilización y características de los estiércoles. En: la utilización de los estiércoles en la Agricultura. Ed. J.Z. Castellanos R. y J. L. Reyes C. IATEM Publicación especial. P. 11-23.
- in Nacional del Agua (CONAGUA). 2001. Programa hidráulico de gran visión 2001-2020 de la región VII Cuencas Centrales del Norte. Gerencia Regional Cuencas Centrales del Norte.
- , W. 1975. Physiological plant ecology. Editorial Sspringer-Verlag. Berlin.
- F.M., Acosta, R.F., Quiñones, P.F., Uribe, M.H., Berzoza, M.M., Aldaba, M.J., Galvan, L.R., Rodriguez, M.R. y S.N. Chavez, S.N. 2005. INIFAP-Chihuahua.info@inifapChihuahua.gob.mx.
- SAGARPA. 2006. Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2006 Región Lagunera (Durango -Coahuila) pág. 24.

ADAPTABILIDAD DE SEIS GENOTIPOS DE FRIJOL A CONDICIONES CLIMÁTICAS SEMI-DESERTICAS.

Chávez-Simental J. A.¹, Álvarez-Reyna V. P.², Hernández-García G.³

¹Investigador Titular INIFAP CENID-RASPA; ²Profesor Investigador UAAAN-UL Dpto. Riego y Drenaje. ³Tesista de Ingeniería en Irrigación UAAAN-UL. E-mail: chavez.jorge@inifap.gob.mx

Resumen

Del área cultivada de frijol de temporal, 85% se establece durante el ciclo agrícola primavera-verano, donde las sequías intermitentes son la principal limitante para su producción. Cerca del 60% de la producción de frijol se da en regiones propensas al déficit de agua, donde los costos de riego y la falta de precipitación son unas de las mayores dificultades que enfrentan los productores. Por ello, es importante evaluar diversos genotipos que puedan ser productivos en zonas semidesérticas y considerarlos un cultivo alternativo. En la presente investigación se evaluaron seis genotipos de frijol midiendo variables fisiológicas importantes en el desarrollo y productividad del cultivo: fotosíntesis, transpiración, conductancia estomática y rendimiento. Los resultados mostraron que la variedad Pinto Villa es la que obtuvo la mejor adaptabilidad a las condiciones climáticas de la Comarca Lagunera, al presentar la tasa fotosintética y rendimiento más alto con respecto al resto de las variedades. Sin embargo, aún se obtienen bajos rendimientos considerando que el cultivo se condujo en condiciones de riego controlado, por lo que es necesaria más investigación acerca del manejo de este cultivo en este tipo de condiciones climáticas.

Abstract

Of the cultivated area of dry land bean, 85% were established during the spring-summer agricultural cycle, where the intermittent droughts are the main obstacle for their production. About 60% of bean production occurs in regions prone to the water deficit, where the costs of irrigation and lack of precipitation are some of the major difficulties faced by producers. It is therefore important to evaluate different genotypes that can be productive in semi-desert zones and consider as alternative crop. In the current study we evaluated six bean genotypes measuring important physiological variables in the crop development and productivity: photosynthesis, transpiration, stomatal conductance and yield. The results showed that Pinto Villa variety had the best adaptability to climatic conditions of the Comarca Lagunera, introducing the highest photosynthetic rate and yield compared to other varieties. However, even low yields are obtained considering that the cultivation was conducted under conditions of controlled irrigation, so more research is needed on the crop management in this type of climatic conditions.

Introducción

En la Comarca Lagunera existe el problema de disponibilidad de agua, sin embargo el frijol ocupa una superficie superior a las 9 mil ha en condiciones de riego, dado que las condiciones climáticas de la región no permiten establecer el cultivo en modalidad de temporal. En 2009 se obtuvo una producción de más de 2 mil toneladas con un rendimiento promedio de 0.82 Ton ha⁻¹ (SIAP-SAGARPA, 2011). Algunas variedades de frijol son susceptibles a la sequía y esto limita el óptimo desarrollo del cultivo lo que provoca bajos rendimientos.

Debido a esto, se han realizado investigaciones donde se busca adaptar diversos genotipos de frijol silvestre y domesticado del género *Phaseolus* a condiciones ambientales en zonas específicas del país en modalidad de riego y temporal, evaluando el comportamiento de variables fisiológicas que interactúan con el ambiente al que son sometidas además del rendimiento (López *et al.*, 2005; Acosta *et al.*, 2009). Por lo anterior, es necesario el monitoreo de las funciones fisiológicas como son la fotosíntesis, la transpiración y la conductancia estomática dado que están ligadas a la subsistencia y productividad del cultivo.

Una mejor adaptación de los genotipos de frijol a los diferentes tipos de estrés que puede enfrentarse, ayuda a la estabilidad y ampliación de la producción en entornos propensos a la sequía, por lo que requiere menos agua para el riego y, en consecuencia, contribuyen a la conservación de este recurso natural (Rao, 2000). El objetivo de este trabajo fue medir la variación de la tasa fotosintética,

transpiración, conductancia estomática y rendimiento de seis variedades de frijol y evaluar su adaptabilidad a las condiciones climáticas de la Comarca Lagunera.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL) en el municipio de Torreón, Coahuila. Las evaluaciones se realizaron durante el ciclo de otoño invierno 2009 en condiciones de riego por goteo. El área experimental se conformó de 374.4 m² donde se trazaron 24 surcos de 0.65 m de separación y 24 m de longitud. Posteriormente se realizó la siembra se en forma directa depositando seis semillas por metro lineal para obtener una densidad de población aproximada de 100,000 plantas por hectárea.

Se estudiaron seis variedades de frijol tipo pinto con hábito de crecimiento indeterminado, mismos que se tomaron como tratamientos: Pinto Villa (PV), Pinto Nacional (PN), Pinto Bayacora (PB), Pinto Durango (PD), Pinto Saltillo (PS) y Pinto Mestizo (PM). Se midió la tasa de fotosintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y conductancia estomática ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Estas mediciones se realizaron con el equipo de medición "Photosynthesis System CI 340®". El rendimiento se midió en Kg parcela⁻¹ para posteriormente realizar la aproximación a Ton ha⁻¹.

Los datos fueron tomados en la tercera hoja del ápice hacia la base de la planta, con exposición directa de la luz solar en los dos surcos centrales de la unidad experimental. Se tomaron cuatro mediciones a lo largo del ciclo agrícola del cultivo entre las 12:00 y las 16:00 horas, debido a que la actividad fotosintética, transpirativa y la conductancia estomática es más intensa en este período por la incidencia de la radiación solar e incremento de la temperatura. Las lecturas se tomaron durante la etapa de floración y madurez fisiológica a los 50, 69, 71 y 83 DDS. La cosecha se realizó en forma manual a madurez fisiológica de la planta a los 101 DDS, recolectando las vainas de los dos surcos centrales de cada unidad experimental de las mismas plantas donde se tomaron los datos de fotosíntesis, transpiración y conductancia estomática.

El producto recolectado se trasladó al laboratorio de Riego y Drenaje de la UAAAN-UL para pesar las muestras. Los datos fueron tomados de los dos surcos centrales en cada variedad para disminuir el efecto de orilla. Estos datos fueron analizados estadísticamente con el paquete computacional SAS versión 9.0. Los datos de las variables fisiológicas se analizaron bajo un diseño de bloques al azar con arreglo factorial con tres repeticiones (6X4X3) donde los factores y niveles fueron los siguientes: Factor: A variedad. Niveles: PV, PN, PB, PD, PS y PM. Factor B Fechas de toma de datos. Niveles: 50, 69, 71 y 83 días después de la siembra (DDS). Para los datos de rendimiento se analizó el bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La comparación de medias se realizó con la prueba DMS (LSD en SAS) ($P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Tasa Fotosintética (Pn).

La Pn de las variedades PV, PD y PB se comportaron de una manera similar con 14.65, 14.46 y 13.48 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ respectivamente, los cuales fueron estadísticamente diferentes a las variedades PN, PM y PS las cuales presentaron 10.22, 9.83 y 8.78 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ respectivamente (Cuadro 1). Entre las fechas de muestreo no hubo diferencia estadística excepto en la última fecha donde la cantidad de CO₂ que asimiló la planta fue muy baja debido a que se encontraba en la etapa de senescencia.

Transpiración (E).

La E generada por las variedades PB y PD mostraron los valores más altos con 4.65 y 4.52 $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y fueron estadísticamente iguales a las variedades PV y PN los cuales presentaron una tasa de transpiración de 4.23 y 3.81 $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; estas dos últimas variedades también presentaron igualdad estadística con las variedades PM y PS con 3.53 y 3.35 $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Cuadro 2).

Cuadro 1. Tasa Fotosintética ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de seis variedades de frijol común en la Región Lagunera.

Variedad	50	69	71	83	Media
PV	18.97	18.59	19.41	1.63	14.65 a
PN	16.83	13.16	7.92	2.96	10.22 b
PB	19.33	16.64	15.64	2.32	13.48 a
PD	18.23	17.72	19.50	2.39	14.46 a
PS	10.10	13.50	10.71	0.82	8.78 b
PM	8.07	17.07	13.44	0.76	9.78 b
Media	15.26 a	16.11 a	14.44 a	1.81 b	C.V. = 31.73%

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

Cuadro 2. Tasa de Transpiración ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de seis variedades de frijol común en la Región Lagunera.

Variedad	50	69	71	83	Media
PV	4.70	5.08	6.21	6.89	4.23 ab
PN	5.43	5.29	2.68	1.84	3.81 ab
PB	5.10	5.48	6.61	1.39	4.65 a
PD	5.17	4.85	6.15	1.90	4.52 a
PS	3.97	4.80	3.80	0.82	3.35 b
PM	2.43	4.63	5.16	1.91	3.53 b
Media	4.47 a	5.02 a	5.10 a	1.46 b	C.V. = 26.66%

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

Conductancia Estomática (g_s).

La g_s es la responsable de regular el intercambio gaseoso entre la planta y la atmósfera, por lo que está directamente relacionada con la fotosíntesis y la transpiración. El resultado del análisis estadístico para esta variable se muestra en el Cuadro 3, donde se presentó igualdad estadística entre las variedades PD, PB y PV destacando el PD con 147.52, 139.23 y 136.48 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente. Las variedades PN, PM y PS presentaron una g_s menor (105.55, 91.12 y 90.21 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectivamente) resultando estadísticamente iguales pero diferentes al resto de las variedades. Hubo diferencia estadística marcada entre las fechas de la toma de datos, que mostró un comportamiento decreciente en función al incremento de los DDS.

Cuadro 3. Conductancia Estomática ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) de seis variedades de frijol común en la Región Lagunera.

Variedad	50	69	71	83	Media
PV	174.03	175.64	182.50	13.76	136.48 a
PN	215.40	127.27	58.78	20.71	105.55 b
PB	196.93	186.13	159.67	14.18	139.23 a
PD	223.60	211.00	141.60	13.90	147.52 a
PS	135.27	128.23	87.25	10.09	90.21 b
PM	88.03	149.27	108.56	18.60	91.12 b
Media	172.21 a	162.92 a	123.06 b	15.21 c	C.V. = 29.70%

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS $\alpha=0.05$)

Se relacionó la g_s con el resto de las variables fisiológicas medidas. Los valores de Pn al igual que la E se ajustaron a un modelo polinomial de segundo grado mostrando la estrecha relación de estas dos variables con la g_s al obtener un buen coeficiente de correlación (0.96 y 0.83 respectivamente). De acuerdo a las ecuaciones obtenidas del análisis de regresión, tanto la Pn como la E tendrán un punto máximo que será controlado por la apertura y cierre estomático, que a su vez, dependerá de las condiciones climáticas y humedad del suelo.

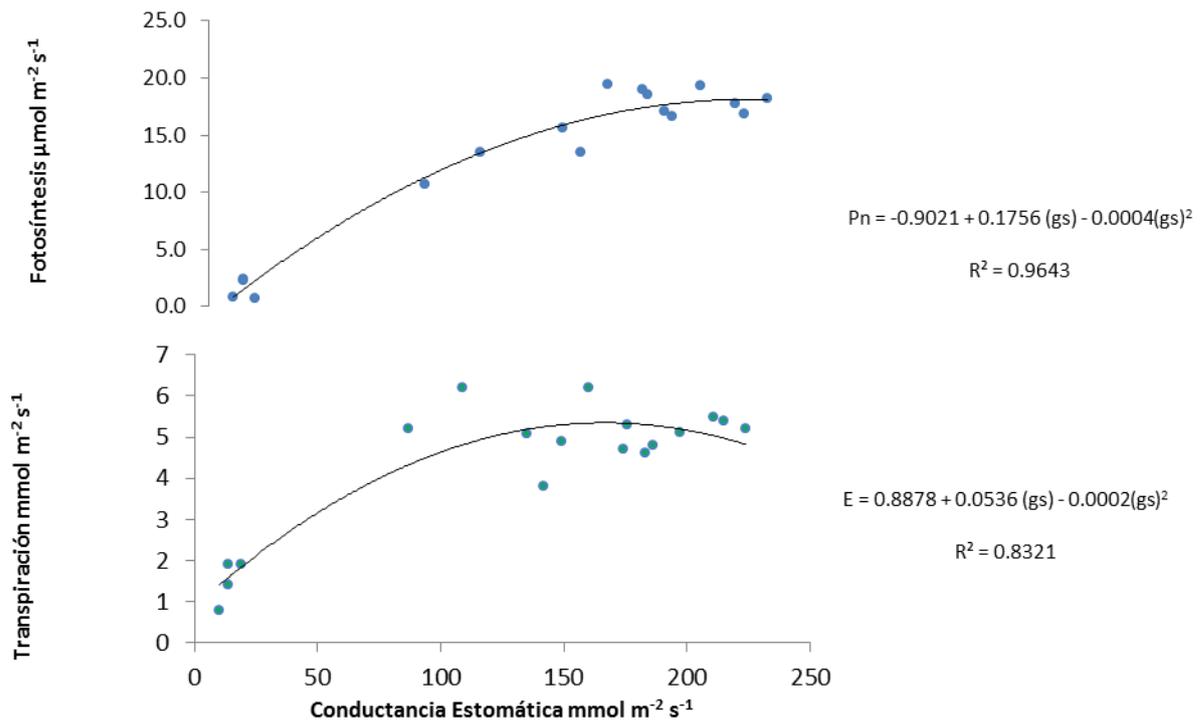


Figura 4. Relación entre la Tasa Fotosintética y Transpiración con la Conductancia estomática.

Rendimiento.

En el cuadro 4 se presenta la producción obtenida en las seis variedades de frijol evaluadas. El análisis estadístico encontró diferencia significativa entre variedades. La variedad Pinto Villa y Pinto Mestizo fueron estadísticamente iguales al presentar producciones de 0.547 y 0.498 Ton ha⁻¹ respectivamente superando al resto de las variedades evaluadas. La variedad Pinto Nacional presentó una producción de 0.35 Ton ha⁻¹ similar estadísticamente a Pinto Bayacora con 0.310 Ton ha⁻¹ y Pinto Durango 0.312 Ton ha⁻¹ que presentaron rendimientos estadísticamente iguales, pero estas dos últimas estadísticamente igual a la Pinto Saltillo que presentó la más baja producción con 0.274 Ton ha⁻¹. Las variedades que obtuvieron el rendimiento más alto, superaron al reportado por el SIAP 2009 para el municipio de Torreón, el cual fue de 0.38 Ton ha⁻¹.

Cuadro 4. Rendimiento (Ton ha⁻¹) de seis variedades de frijol común en la Región Lagunera.

Variedad	Media
PV	0.547 a
PN	0.345 b
PB	0.310 bc
PD	0.312 bc
PS	0.274 c
PM	0.498 a
Media	C.V. = 9.12%

Conclusiones

La actividad fotosintética y transpirativa así como la conductancia estomática de las seis variedades de frijol se comportaron de una manera diferente, sin embargo se encontró una estrecha relación entre ellas. La variedad que obtuvo el mayor rendimiento, también presentó la mayor actividad fotosintética y se ubicó dentro del grupo de genotipos con la conductancia estomática más alta, pero no así con la tasa de transpiración. Lo anterior puede atribuirse a que la variedad Pinto Villa transpiró en menor cantidad, lo que se traduce en menor pérdida de agua y —estrés hídrico” aprovechando al máximo la

fotosíntesis, lo que se reflejó en el rendimiento. Por lo tanto, fue la variedad que presentó una mejor adaptación a las condiciones climáticas de la Región Lagunera.

Literatura Citada

- Acosta D. E., Acosta G. J. A., Trejo L. C., Padilla R. J. S. y Amador R. M. D. 2009. Adaptation traits in dry bean cultivars grown under drought stress. *Revista Agricultura Técnica en México*. Vol 35 Núm 4. Pp 416-425.
- López S. J.L., Ruíz C. J. A., Sánchez G. J. J. y López I. R. 2005. Adaptación climática de 25 especies de frijol silvestre (*Phaseolus* spp) en la república Mexicana. Artículo científico *Revista Fitotecnia Mexicana* Vol. 23 (3): 221-230.
- Rao, I. 2000 Limitaciones edáficas y climáticas para la producción de frijol común (*Phaseolus vulgaris*). Manejo productivo de suelos para cultivos de alto rendimiento. (pp. 95-106). Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. Comité regional del Valle del Cauca. Cali. Colombia.
- Servicio De Información Agroalimentaria Y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SIAP-SAGARPA). 2011. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2009. México. <http://siap.gob.mx>.

INFLUENCIA CLIMÁTICA EN EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS: REGIÓN SUR DEL BAJÍO MEXICANO

Tarín-Ramírez¹, Jesús M., Cristian Reyna-Ramírez², Matilde Borroto-Pérez³, Oneyda Hernández-Lara³, Gilberto Vela-Correa⁴, Rodolfo A. Perea Cantero¹, Salvador Vega y Lean¹, Antonio Trinidad Santo⁵.

Departamento de Producción Agrícola y Animal, UAM-X¹. jesmantar1@yahoo.com.mx, jesmantar1@yahoo.com, mondremandala@hotmail.com, Programa de Superación Académica, UAM-X², Instituto de Suelos, Ministerio de Agricultura, Cuba³, Departamento El Hombre y su Ambiente, UAM-X⁴, Colegio Posgraduado, Texcoco⁵.

Resumen

La desertificación es un proceso que se define, como la degradación de las tierras en condiciones de clima árido, semiárido y sub húmedo seco cuyas causas puede ser de origen natural o antropogénicas negativas, (CNULD, 1994). Borroto y Hernández, (2004) exponen que cuando la desertificación se muestra como un proceso de salinización y/o sodificación, ocurre en condiciones climáticas en donde regionalmente la relación P/ETP oscila entre 0.05 y 0.65. Cuando la desertificación es de carácter natural ocurre a muy largo plazo, se manifiesta cuando se presentan cambios climáticos o sucesos geológicos que transforman el entorno. Así mismo cuando las causales son antrópicas, el proceso ocurre en tiempos relativamente cortos. En este contexto, se presta especial interés a la investigación sobre los cambios climáticos que están ocurriendo en una superficie agrícola de 8000 ha. Al sur del Bajío Mexicano, que oscila entre las cotas 1750 y 1700 msnm. La influencia del clima sobre los procesos de degradación en la región se manifiesta desde ligeros a muy severos dependiendo de las características de cada uno.

Palabras clave: cambio climático, desertificación, salinidad y/o sodicidad.

Abstract

Blighting is a process that is defined, like the degradation of earth in conditions of dry barren, semi-arid climate and sub humid whose causes can be of natural origin or anthropogenic refusals, (CNULD, 1994). Borroto and the Hernandez, (2004) expose that when blighting is like a process of salinization and/or sodificación, it happens in climatic conditions where regionally relation P/ETP oscillates between 0,05 and 0.65. When blighting is of natural character happens to very long term, it pronounces when climatic changes or geologic events appear that transform the surroundings. Also when the causal ones are anthropic, the process happens in relatively short times. Against this background, special interest to the investigation is lent on the climatic changes that are happening in an agricultural surface of 8000 has. To the south of the Mexican Sank bank, that oscillates between levels 1750 and 1700 msnm. The influence of the climate on the processes of degradation in the region is pronounced from light to very severe following the characteristics of each.

Key Words: climatic change, blighting, salinity and/or sodicidad.

Introducción

La desertificación es un proceso que se define, como la degradación de las tierras en condiciones de clima árido, semiárido y sub húmedo seco cuyas causas puede ser de origen natural o antropogénicas negativas, (CNULD, 1994).

Borroto y Hernández, (2004) exponen que cuando la desertificación se muestra como un proceso de salinización y/o sodificación, ocurre en condiciones climáticas en donde regionalmente la relación P/ETP oscila entre 0.05 y 0.65. Cuando la desertificación es de carácter natural ocurre a muy largo plazo, se manifiesta cuando se presentan cambios climáticos o sucesos geológicos que transforman el entorno.

Así mismo cuando las causales son antropogénica, (el hombre a través de las relaciones sociales de producción maneja en forma incorrecta los agroecosistemas) a acorto tiempo puede desencadenarse la degradación o desertificación de las tierras con graves consecuencias para el desarrollo y la sustentabilidad de la vida.

En este contexto, se presta especial interés a la investigación sobre los cambios climáticos que están ocurriendo en una superficie agrícola de 8000 ha. Al sur del Bajío Mexicano, que oscila entre las cotas 1750 y 1700 msnm.

Por lo que a fin de determinar la influencia de las condiciones climáticas, sobre los diferentes procesos de desertificación, se requiere de un estudio que permita desarrollar medidas para la mitigación de los cambios climáticos en el agroecosistema salinos y/o sódicos, que se presentan en el Bajío Mexicano.

Materiales y Métodos

El área en estudio se localiza entre los paralelos 19°55'08" y 21°52'09" Lat. Norte y los meridianos 99°41'06" y 102°09'07" Long. Oeste. En la región del Bajío Mexicano al sur del Estado de Guanajuato, México. Figura 1.

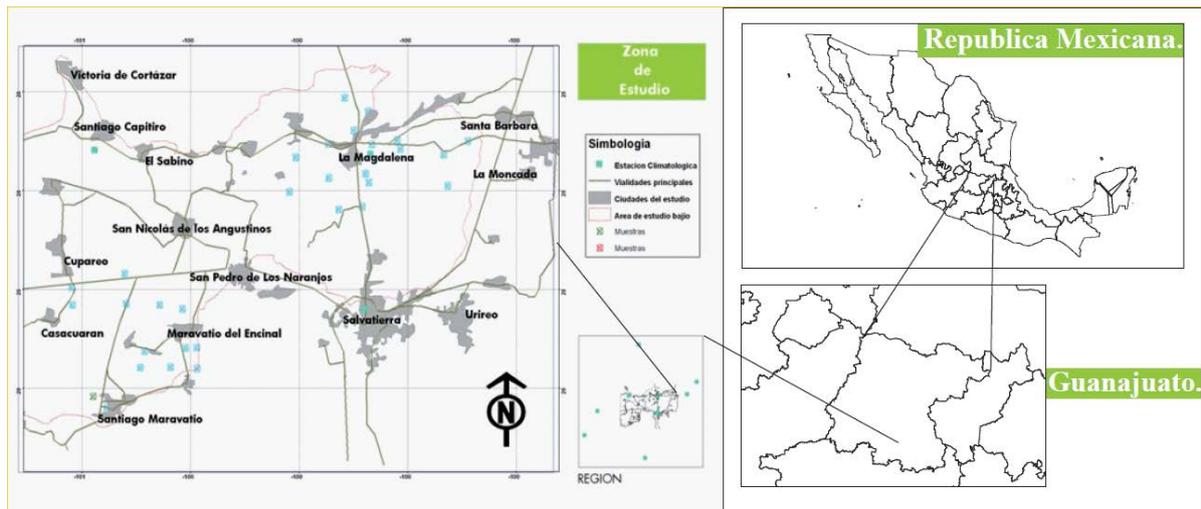


Figura 1. Ubicación Geográfica

Esta cubierta, por la información de 8 estaciones climatológicas, distribuidas por toda la zona de estudio. Se analizaron las variables de temperatura media, mínima y máxima mensual, precipitación y evaporación media mensual y anual. La evapotranspiración potencial, se estimó con la expresión $ETP = (E_v) (0.8)$.

El efecto climático en el proceso de degradación (salinización y/o sodificación), se evaluó de acuerdo con la metodología propuesta por la FAO (1980). Para su reconocimiento se presentan los cartogramas climáticos. Las estaciones donde se obtuvieron los datos se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Estaciones climáticas y periodos de evaluación.

Estación	Cortázar	El sabino	Yuriria	El cubo	Tarimoro	Salvatierra	Acámbaro	Moroleón
Periodo	1961-1990	1961-1990	1941-1995	1980-1996	1971-2000	1961-1990	1971-2000	1961-1990

Se evaluaron las condiciones climáticas según metodología FAO (1980) en función de índices de desertificación. Los índices se presentan a continuación: a) Salinidad y/o sodicidad, b) Degradación física. c) Degradación biológica y d) Degradación química

Resultados y Discusión

En general el clima de la zona de estudio es Sub. Húmedo seco cálido, con déficit de agua estival y pequeña a nula demasía de agua, la temperatura promedio es de 19 °C. La precipitación anual promedio de 689.7 mm., se distribuye del norte al centro-sur del área. Presenta una evapotranspiración potencial media anual de 1793.50 mm.

El índice de degradación física promedio ($R=117$), consigna a estos suelos un efecto climático moderado de deterioro por apelmazamiento y encostramiento, lo que se correlaciona con el índice climático de degradación de salinidad muy severa ($C=0.83$) y una severa mineralización de la materia orgánica ($K_2=3.39$) y ligera influencia sobre la degradación química ($Iq=98.1$). Cuadro 2.

Cuadro 2. Generalidades del clima e indicadores climáticos.

Estación	Condición del clima [†]			Indicadores Climáticos [‡]			
	T	P	ETP = (EV) (0.8)	C	R	K ₂	Iq
	°C	mm	mm				
Cortázar	19.10	611.30	1881.12	1.02	105.00	2.83	132.50
El sabino	19.24	666.33	1824.40	0.97	114.00	3.23	66.90
Yuriria	19.24	686.80	2087.14	0.55	113.00	3.06	62.80
El cubo	18.89	631.40	2084.40	1.01	108.00	2.75	45.30
Tarimoro	19.25	722.40	1729.00	0.82	125.00	3.15	100.00
Salvatierra	18.09	716.20	1345.48	0.70	122.00	4.59	124.60
Acámbaro	18.80	727.20	1707.92	0.86	123.00	3.64	117.20
Moroleón	19.40	756.00	1688.56	0.69	130.00	3.90	135.50
Promedio	19.00	689.70	1793.50	0.83	117.00	3.39	98.10

[†]Condición del clima; T= Temperatura, P= Precipitación, ETP= Evapotranspiración, EV= Evaporación.

[‡]Indicadores Climáticos; C= Índice de degradación por Salinidad y/ o Sodicidad, R= Índice de degradación Física, K₂= Índice de degradación Biológica, Iq= Índice de degradación Química.

Si consideramos que los suelos salinos y/o sódicos, se hallan en zonas cuya relación entre las Precipitaciones y Evapotranspiración (P/ETP) es de 0.05 – 0.65, tenemos que la zona muestra un índice de 0.37 que la sitúa como una área fuertemente influida para desarrollar un proceso de degradación por salinidad y/o sodicidad. (Figura 2.)

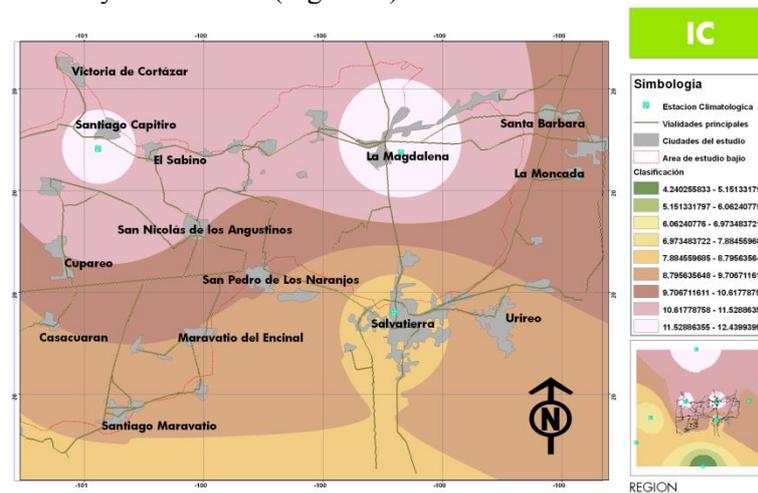


Figura 2. Mapa de índice de degradación Salinidad

Así tenemos que en las zonas más secas, la degradación física y química resultan ser ligeras a moderadas, causadas por la poca influencia del régimen de precipitación que en pocas ocasiones del año supera la evapotranspiración, disminuyendo la degradación química por lavado y el efecto del golpe de las gotas sobre la estructura del suelo, sin embargo su influencia sobre la degradación por la salinización y sodicidad de las tierras y la biológica muestran severos a muy severos efectos lo queda demostrado por el índice $P/ETP = 0.37$. (Figuras 2, 3 y 4).

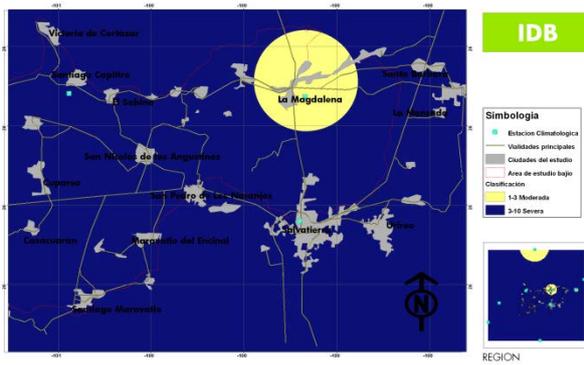


Figura 3. Mapa de índice de degradación biológica



Figura 4. Mapa de índice de degradación química.

Conclusiones

1. Climáticamente la zona se ubica como sub húmedo seco cálido, con gran influencia para la aparición de procesos de degradación por salinidad y/o sodicidad.
2. Por tratarse de áreas secas con muy severos procesos de salinización y/o sodificación, su explotación agrícola requerirá de aplicaciones de riego con aguas de buena calidad.
3. La influencia del clima sobre los procesos de degradación se manifiestan desde ligeros a muy severos dependiendo de las características de cada uno y se observan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Valores de indicadores de la influencia climática sobre la degradación en la zona de estudio

Índice de degradación	Grado de afectación
Índice de degradación de salinidad	Muy severo
Índice de degradación física	Moderada
Índice de degradación biológica	Severo
Índice de degradación química	Ligero a Moderado

Literatura Citada

- Borroto M. F. Ortiz (2006). Conocimiento y Conjunto de Medidas de Rehabilitación en Tierras Desertificadas en la Región de Mixquic, Deleg. de Tlahuac. UAM-X. México, D. F.
- CNLCDD (1987). Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación, en los Países Afectados por Sequía Grave o Desertificación, en Particular en África. Roma.
- FAO (1980). Metodología Provisional para la Degradación de los Suelos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- FAO (1984). Directrices para el control de la degradación de los suelos. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Italia Roma, pp. 38.
- Ortiz Solorio M.; M.A. Garduño y J. W. Berg Woolf (1994). Evaluación Cartográfica y Políticas.
- CMN (2010) Centro meteorológico Nacional México D. F

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA Y ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO POTENCIAL DEL CULTIVO DE LA YUCA (*Manihot esculenta* Crantz) EN EL ESTADO DE TABASCO, MÉXICO

Rivera-Hernández, B^{1*}; Aceves-Navarro, L. A²; Palma-Lopez, D. J²; Juarez-López, J. F²; González-Mancillas, R²; González-Jimenez, V² y Sanchez-Trinidad, R.C¹.

¹Universidad Popular de la Chantala. E-mail brivera@colpos.mx; ²Colegio de Postgraduados, Campus-Tabasco.

Resumen

El estado de Tabasco es el principal productor de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en México, mismo que ha perdido en los últimos cinco años cerca del 45% de su superficie dedicada a este cultivo. Las políticas actuales de desarrollo rural se están enfocando a dirigir todo tipo de apoyos, especialmente los económicos, hacia las áreas con mayor potencial productivo para diferentes cultivos, entre los cuales la yuca es uno de ellos. Derivado de esta política y al interés del gobierno del estado de Tabasco, se realizó el presente estudio con los objetivos de conocer las áreas con mayor potencial productivo en el estado y estimar el rendimiento potencial esperado del cultivo de la yuca. Para ello se utilizó el procedimiento de zonificación agro-ecológica (ZAE) propuesto por FAO para áreas muy aptas y para una situación de alta inversión bajo condiciones de temporal y se analizaron cinco variables climáticas y ocho propiedades edafológicas. El análisis de las variables climáticas y edafológicas (físicas y químicas) y su posterior representación cartográfica mostraron que en el estado de Tabasco existen 476,617 ha con alto potencial edafoclimático para cultivar yuca, con rendimientos potenciales de 42.3 t ha⁻¹.

Palabras clave: periodo de crecimiento, suelo, rendimiento.

Abstract

The state of Tabasco is the main cassava (*Manihot esculenta* Crantz) producer in Mexico, but in the last five years it has lost around 45% of the surface area dedicated to this crop. The current policies for rural development are focusing on granting all kinds of support, especially economic, to areas with a greater productive potential for different crops, among which the cassava is not included. This research is derived from this policy and the interest of the state government of Tabasco, with the aim of knowing the areas with the greatest productive potential in the state, and estimating the potential expected yield for cassava. To do this, the Agro-ecological zoning (AEZ) procedure was used, proposed by the FAO for very apt regions and for situations of high investments under rainfed irrigation. Five climatic variables and eight soil properties were analyzed. The analysis of climatic and soil (physical and chemical) variables and its later cartographic representation showed that in the state of Tabasco there are 476,617 ha with a high soil-climate potential for cassava growing, with estimated potential yields of 42.3 t ha⁻¹.

Key words: growing period, soil, yield.

Introducción

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es ampliamente cultivada en América Latina, África tropical y Asia. Es el alimento básico de casi mil millones de personas en 105 países, incluyendo México. Es también la fuente de almidón más barata que existe en el mundo, siendo utilizada en más de 300 productos industriales, entre los cuales se obtiene etanol a partir de la fermentación del almidón para ser empleado como biocombustible (FAO, 2008). En México a nivel nacional, el estado de Tabasco es el principal productor de yuca. Sin embargo, en los últimos cinco años (2005-2009) ha perdido el 45% de la superficie cultivada (SIAP-SAGARPA, 2009). La pérdida de la superficie obedece a una serie de problemas que involucran el manejo agronómico, la transferencia de tecnología, limitada capacitación, insuficientes apoyos económicos y desconocimiento de las áreas con mayor aptitud productivas para el cultivo, entre otros. Los estudios de zonificación de cultivos juegan un papel importante en la planeación del uso de los recursos naturales, ya que mediante estos es posible definir que cultivos tienen mayor potencial de producción en una región determinada (Seeman et al 1979; Romo, 1985), esto se obtiene a través del análisis de clima y suelo de la región de interés, el conocimiento de las

demanda de clima y suelo de los cultivos y la relación que existe entre estos dos factores (FAO, 1997). En lo referente al recurso suelo el estado de Tabasco cuenta con 81 subunidades de suelo, clasificadas de acuerdo a la FAO-SICS-ISRIC, 1999 (Palma *et al.*, 2007). Esta diversidad del recurso suelo hace necesario conocer la aptitud productiva de cada una de las subunidades para cultivar yuca. Por lo que se refiere al clima el estado de Tabasco presenta tres tipos de clima: Cálido húmedo con lluvias todo el año (Af), Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) y cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw) (García, 2004) y presenta siete zonas fisiográficas: Zona de la sierra, Zona calcárea, Zona de lomeríos, Zona de llanura aluvial, Zona vega de río, Zona llanura de inundación y la Zona de costa que se definen a partir del Continuo de Elevaciones Mexicano (Palma *et al.*, 2007). De acuerdo al régimen de precipitación presente en el estado se diferencian tres épocas: época de secas (de marzo a mayo), la época de lluvias (de junio a octubre) y la época de nortes (de noviembre a febrero) (INEGI, 2008).

Por la gran diversidad de recursos naturales que presenta el estado de Tabasco, y por la necesidad imperante que tiene el gobierno de orientar los apoyos económicos en áreas que ambientalmente aseguren la obtención de cosechas rentables y la recuperación de la inversión, así como manejar de manera sustentable los recursos naturales, el presente trabajo tiene como objetivos conocer las áreas con mayor potencial productivo y estimar el rendimiento potencial del cultivo de la yuca en el estado de Tabasco.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El estado de Tabasco se ubica geográficamente en la Región Sureste de la República Mexicana entre las latitudes 18°38' y 17°15' N y las longitudes -90°38' y -94°07' W, consta de una superficie de 24,751 km². Para la determinación de las zonas de alta potencialidad para el cultivo de yuca se utilizó el procedimiento de Zonificación Agroecológica propuesto por la FAO (1997).

Selección y requerimientos bioclimáticos del cultivo de la yuca

Las variables que se consideraron para determinar zonas con alto potencial productivo fueron: clima y suelo por la relación directa que guardan con el rendimiento del cultivo de la yuca. Dentro de las variables climáticas se analizaron cinco elementos climáticos y ocho propiedades edafológicas (Cuadro 1). Los requerimientos bioclimáticos que el cultivo demanda fueron tomados de la FAO (1994). Como parte del proceso de selección de la información, se utilizó la base de datos del programa ERIC III (IMTA, 2003); que permitió analizar los registros diarios de temperatura y precipitación de 93 estaciones meteorológicas presentes en el estado de Tabasco, utilizando como criterios la serie histórica de los datos y su distribución geográfica. Para complementar la información reportada por ERIC III, (IMTA, 2003), se acudió a la base de datos reportada por García (2004), para las variables de precipitación y temperaturas, buscando que cubriesen de manera regular al estado de Tabasco.

Inventario climático

La elaboración de un inventario climático de acuerdo a los lineamientos de la FAO (1981) consta de dos etapas: 1) definición de las divisiones climáticas mayores y 2) obtención de los períodos de crecimientos. Las divisiones climáticas fueron definidas en base a los requerimientos térmicos del cultivo, que limitan su distribución a escala global. Para establecer las divisiones climáticas mayores, como primer paso se considera el efecto de la altitud, en espacio y tiempo, sobre la temperatura media. Para lo cual, las temperaturas medias mensuales se convirtieron a temperaturas a nivel del mar, con un gradiente altotérmico de 0.5 °C/100 metros de elevación, con el trazo de isolíneas. El período de crecimiento se considera como el número de días durante el año en que existe disponibilidad de agua y temperaturas, favorables para el desarrollo de la yuca. Para calcular el inicio, final y duración en días del período de crecimiento del cultivo, de acuerdo con el método de la FAO (1981), se utilizó el programa AGROCLIM, (Aceves-Navarro *et al.*, 2008).

Cuadro 1 Variables seleccionadas para definir zonas con alto potencial productivo para el cultivo de yuca en el estado de Tabasco, México.

Elementos climáticos	Propiedades edafológicas
Precipitación total	Profundidad
Temperatura media anual	Pendiente (%)
Promedio de la temperatura mínima	Drenaje
Promedio de la temperatura máxima	Textura
Radiación solar	pH
	Salinidad
	Toxicidad por aluminio
	Fertilidad

Inventario edafológico

La segunda fase del procedimiento de Zonificación Agroecológica propuesto por la FAO (1981), consiste en la evaluación del recurso suelo con base en las unidades y subunidades. Par el caso del presente trabajo se tomo como referencia el trabajo de Palma *et al.*, (2007).

La herramienta que se utilizó para la elaboración de cartografía fue el Programa ArcView GIS versión 9.3 (ESRI, 2004), que consiste en un sistema de mapeo computarizado que relaciona lugares con información agroclimática, iguales a las del cultivo de yuca, las cuales se denominó áreas con alto potencial productivo. Para conocer la dependencia geográfica que existe entre los valores interpolados se utilizó el método de interpolación espacial (MPLI) (Nozica *et al.*, 1998).

Resultados

Los resultados muestran que climáticamente el estado de Tabasco, dispone de temperatura y precipitación favorable para el buen desarrollo y crecimiento del cultivo de yuca. Las temperaturas promedios mensuales máximas y mínimas presentes en él estado no son limitantes, por lo que todo el estado es apto para cultivo yuca. Las temperaturas promedio anual de las 35 estaciones meteorológicas fluctúan entre 25.6 a 28.4°C, las cuales están en el rango de temperatura óptima de 20 a 29°C que reporta la FAO (1994) como óptima para el cultivo de yuca. El análisis de la precipitación promedio mensual indica que el estado de Tabasco cuenta con una superficie de 1,659,590 ha con alto potencial productivo para producir yuca, esto al comparar los requerimientos hídricos que la FAO (1994) reporta como óptimos para el cultivo yuca para obtener cosechas rentables. El estado de Tabasco presenta un periodo de crecimiento que varía de 240 a 365 días, por lo cual el cultivo de yuca no vería restringido su crecimiento y desarrollo. Con el uso del software ArcView GIS se realizó el algebra de mapas de temperaturas máximas y mínimas, precipitación, radiación y periodo de crecimiento, con lo que se obtuvo las áreas con alto potencial climático para el cultivo de yuca en el estado de Tabasco, que es de 1,474,490 hectáreas (figura 1).

De las 81 subunidades de suelo reportadas por Palma *et al.*, (2007) para el estado de Tabasco, solo 30 de ellas presentan un alto potencial productivo para cultivar yuca que en conjunto suman una superficie de 685,403 hectáreas, en la figura 2, se muestra la distribución espacial de subunidades de suelos en el estado de Tabasco y en el cuadro 2 se enlistan los nombres y la superficie de cada una de las subunidades de suelo con alto potencial edáfico para Tabasco.

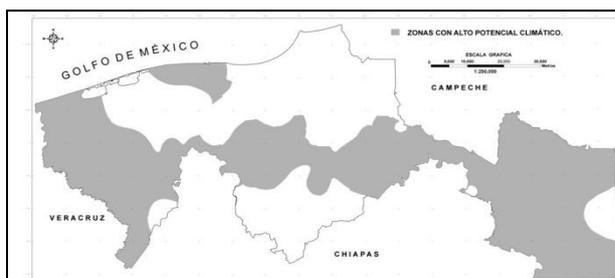


Figura 1. Zonas con alto potencial climático para el cultivo de la yuca en el estado de Tabasco, México.

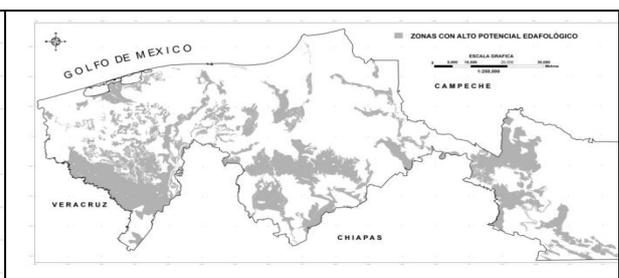
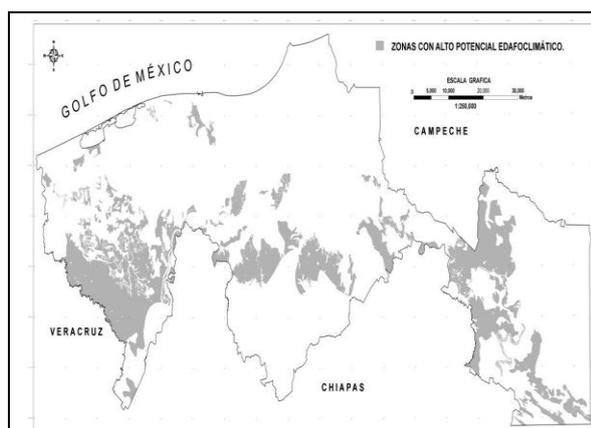
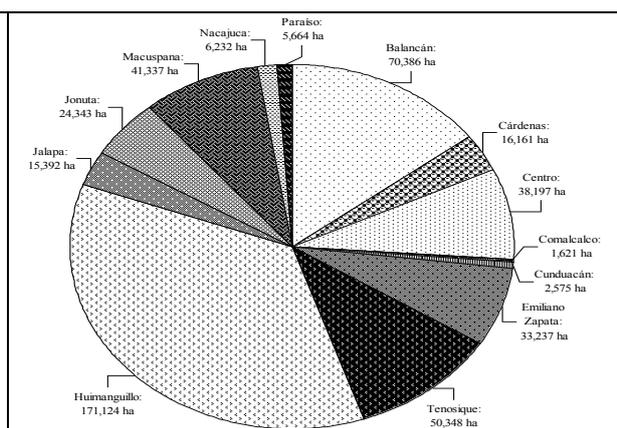


Figura 2. Zonas con alto potencial edafológico para producir yuca en el estado de Tabasco, México.

Cuadro 2. Subunidades de suelo con alto potencial productivo para cultivar yuca en el estado de Tabasco, México.

Nombres	Claves	Superficie (ha)	Nombres	Claves	Superficie (ha)
Fluvisol Éutrico	FLeu	21,0319.31	Acrisol Férrico	ACfr	60,330.90
Fluvisol Éutrico + Vertisol Crómico	FLeu+VRcr	2,204.84	Acrisol Plíntico + Alisol Férrico	ACpl+ALfr	3,002.44
Cambisol Dístrico	CMdy	390.02	Acrisol Háptico	ACha	8,866.30
Cambisol Crómico	CMcr	12,122.04	Alisol Húmico + Alisol Plíntico	ALhu+ALpl	2,033.91
Luvisol Crómico	LVcr	154,031.36	Alisol Férrico	ALfr	871.31
Luvisol Crómico+ Acrisol Plíntico	LVcr+ACpl	16,752.42	Alisol Húmico+ Alisol Gléyico	ALhu+ALgl	685.71
Luvisol Háptico	LVha	14,594.51	Alisol Húmico	ALhu	1,772.52
Luvisol Crómico + Alisol Gléyico	LVcr+ALgl	2,512.73	Alisol Férrico + Alisol Háptico	ALfr+ALha	994.88
Acrisol Gléyico	ACg	2,001.65	Alisol Háptico	ALha	404.98
Acrisol Plíntico	ACpl	84,424.46	Alisol Férrico + Gleysol Mólico	ALfr+GLmo	208.46
Acrisol Plíntico + Acrisol Gléyico	ACpl+ACgl	1,813.28	Arenosol Hipoluvico	ARlvw	15,880.36
Acrisol Húmico + Gleysol Plíntico	AChu+GLpl	3,009.06	Ferralsol Ródico	FRro	9,377.94
Acrisol Húmico	AChu	24,458.27	Regosol Dístrico	RGdy	3,776.58
Acrisol Húmico + Acrisol Gléyico	AChu+ACgl	4,130.65	Plintisol Úmbrico	PTum	3,036.04
Acrisol Húmico + Acrisol Plíntico	AChu+ACpl	2,247.30	Plintisol Éutrico	PTeu	37,075.20

Al realizar el algebra de mapas de áreas con alto potencial climático y edafológico se obtuvo el área con alto potencial edafoclimático (clima y suelo) del estado de Tabasco. Esta área equivale a 476,617 hectáreas que se distribuyen en trece municipios. En figuras 3 se muestra la distribución espacial en el estado y en la figura 4 se observa la superficie con alto potencial productivo por municipio. El 70% de la superficie con alto potencial productivo se concentra en cuatro municipios que se jerarquizan a continuación: Huimanguillo (171,124 ha), Balancán (70,386 ha) Tenosique (50,348 ha) y Macuspana (41,337 ha) el 30% restante se localiza en los nueve municipios restantes.

**Figura 4. Zonas con alto potencial edafoclimático para cultivar yuca en el estado de Tabasco, México.****Figura 5. Superficie municipal con alto potencial edafoclimático para cultivar yuca en el estado de Tabasco, México.**

Discusión

El-sharkawy *et al.*, (1993) reportan que el rango óptimo de temperatura en la hoja de yuca es de 25 a 35°C, esto debido a que la tasa de fotosíntesis es mayor, por lo que, las temperaturas promedios presentes en el estado de Tabasco no son una limitante para el desarrollo del cultivo de yuca. Las altas precipitaciones que históricamente se presentan en la parte norte del estado de Tabasco (Teapa, Tacotalpa y Jalapa, principalmente) superan los 2500 mm de lluvia que se consideran como el máximo óptimo para el desarrollo y crecimiento de la yuca. Sin embargo aunque la FAO, (1994) indica como régimen de lluvia absoluto máximo 5000 mm, este régimen trae consigo la disminución de cosechas e incremento de mano de obra en las labores de cosecha, además los suelos presentes en la parte norte son de textura arcillosa, la cual retarda la infiltración del agua perjudicando el buen desarrollo de la raíz. Las subunidades de suelo del cuadro 3 cumplieron con las propiedades químicas y físicas de suelos que demanda el cultivo de la yuca, estas al ser comparadas con las propiedades de suelo que la FAO, (1994) menciona como básicas para determinar zonas con alta potencialidad. El resto de la superficie del estado de Tabasco no presenta suelos con alta potencialidad para cultivar yuca. Por ejemplo las subunidades de los suelos Histosoles (Hs) que abarca una superficie de 90,581.87 ha solo están libres de manto freático en la superficie de 30 a 40 día, en los cuales el manto freático desciende hasta 50 cm de profundidad en promedio (Palma *et al.*, 2007) lo cual limita el crecimiento de la raíz, ya que el cultivo de la yuca no tolera encharcamientos ni condiciones salinas del suelo (Aristizábal *et al.*, 2007). Los bajos rendimientos del cultivo de yuca en el estado de Tabasco, pueden deberse a cuestiones de manejo agronómicos (fertilización, plagas, distancia de siembra, organización, planificación de producción deficiente, etc.) que a factores ambientales (clima y suelo).

Conclusiones

Con el análisis de los aspectos climáticos y de suelo, fue posible diferenciar zonas con alto potencial edafoclimático para la producción de yuca, estas zonas tienen su real importancia en la apertura de áreas que garantizan al productor, inversionista o gobierno la recuperación de la inversión hecha al cultivo, además permitirá la apertura de nuevas áreas para aumento de la producción con un manejo sustentable los recursos naturales. La superficie con alto potencial edafoclimático (clima y suelo) para cultivar yuca en el estado de Tabasco es de 476,617 ha. Los rendimientos potenciales esperados en el cultivo de yuca son de 42.3 t ha⁻¹. El principal factor ambiental que más limita el potencial productivo del cultivo de yuca es el factor suelo.

Literatura Citada

- Aceves-Navarro, L., A. Arrieta-Rivera., A. y Barbosa-Olán., J. L. 2008. Manual de AGROCLIM 1.0. Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 28 pp.
- Aristizábal, J., Sánchez, T. y Mejía, L. D. 2007. Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 63. Roma. 129 p. En <http://www.fao.org/docrep/010/a1028s/a1028s00.HTM>(Consultado el 25 de marzo 2010)
- Campos-Aranda, D. F. 1996. "Programa en BASIC para la estimación del rendimiento climático máximo". *Agrociencia*. 30: 21-30.
- Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el mundo: Nueva perspectiva para un cultivo milenario. En <http://www.clayuca.org/contenido.htm> (Consultado el 15 febrero 2010)
- Cock, J., H and El-Sharkawy, M. A. 1988. "Physiological characteristics of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) 2. Initial products of 14 CO₂ fixation". *Photosynthesis Research*. 12: 237-241.
- El-Sharkawy, M., A. Tafur, S., M. and Cadavid, L. 1982. "Potential photosynthesis of cassava as affected by growth conditions". *Crop Science* 32: 1336-1342.
- El-Sharkawy, M., A. Tafur S., M. and Cadavid, L. 1993. Photosynthesis of cassava and its relation to crop productivity. Firts International Scientific Meeting Cassava Biotechnology Network, Cartagena de las Indias, Colombia. 1992. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p 414-324.
- El-Sharkawy, M. A. 2007. "Physiological characteristics of cassava tolerance to prolonged drought in the tropics: Implications for breeding cultivars adapted to seasonally dry and semiarid environments". *Braz. J. Plant Physiol.* 19: 257-286.

- FAO. 1981. Report on the Agro-Ecological Zones Project. Vol. 1: Methodology and Results for Africa. Food and Agriculture Organization of the United Nations World soils report No. 48. Rome, Italia. 158p.
- FAO1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Versión 1.0. AGLS. Rome, Italy. En <http://www.ecocrop.fao.org>. (Consultado el 18 enero de 2010).
- FAO 1997. Zonificación Agro-ecológica. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos Boletín de Suelos numero 73. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. En <http://www.fao.org/docrep/w2962s/w2962s00.htm> (Consultado el 23 marzo de 2010).
- FAO .2008. Yuca para la seguridad alimentaria y energética. Food and Agriculture Organization of the United Nations. En <http://www.fao.org/newsroom/ES/news/.html>. (Consultado el 11 noviembre de 2009).
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. Serie Libros, No. 6. México D.F. 90 p.
- IMTA. 2003. ERIC III. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Extractor Rápido de Información Climatológica v.1.0. CD.
- INEGI. 2008. Anuario Estadístico Tabasco. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Gobierno del estado de Tabasco. México. 597 p.
- Nozica, G. Henríquez, M y Paral, R. 1998. Sistemas de información geográfica: Una herramienta para el diagnóstico en la planificación regional. Universidad Nacional de San Juan. Argentina. 46p.
- Palma-López, D., J., Cisneros, D., E. Moreno, C., E y Rincón-Ramírez, J. A. 2007. Suelos de Tabasco: Su Uso y Manejo Sustentable. Colegio de Postgraduados-ISPROTAB-FRUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 194 p.
- Peressin, V., A. Monteiro, D., A. Lorenzi, J., O. Durigan, J., C. Pitelli, R., A y Perecin, D. 1998. "Acúmulo de materia seca na presença e na ausência de plantas infestante no cultivar de mandioca SRT 59-Branca de Santa Catarina". *Bragantia*. 57:135-148.
- Peralta-Gamas, M. Jiménez-Jiménez, R. Martínez-Gallardo, J., B. Rivera-Hernández, B. Pascual-Córdova, A. Caraveo-Ricardez, A. C y Aceves-Navarro, L. A. 2008. "Estimación de la variación espacial y temporal de la radiación solar en el estado de Tabasco, México". XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Villahermosa, Tabasco, México. 243p.
- Pinho, J. L., N. Távara, F. J., A. Melo, F. I. O y Queiroz, G. M. 1995. "Yield components and partitioning characteristics of cassava in the coastal area of Ceará". *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 17: 89-96.
- SIAP-SAGARPA. 2009. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. En <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Consultado el 3 de noviembre 2009).

ZONIFICACIÓN AGROECOLÓGICA DE LOS ALTOS DE JALISCO, MEXICO

Flores-López, Hugo Ernesto¹, Chávez Durán, Álvaro Agustín¹, De La Mora Orozco, Celia¹
¹Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. E-mail: flores.hugo@inifap.gob.mx

Resumen

La región de los Altos de Jalisco es una zona agropecuaria importante con superficie agrícola de temporal sujeta a elevado riesgo de producción por depender de la lluvia. Pero además esta región tiene un gradiente ambiental definido por la lluvia con más de 800 mm anuales en el sur hasta menos de 400 mm anuales en el norte. Dado que el factor clima no se puede controlar ni modificar a gran escala, con variación interanual, intranual y espacial, una opción de solución es la caracterización agroclimática con estas características de variabilidad que permita planear las actividades agrícolas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los recursos agroclimáticos disponibles y el riesgo de fenómenos climáticos para la agricultura de los Altos de Jalisco, México. Se utilizaron 43 estaciones climatológicas de la CNA, localizadas en Jalisco y estados vecinos. Se obtuvieron índices climatológicos y agroclimáticos con base en la temperatura, lluvia y evaporación, con promedios y probabilísticos. Se utilizaron procedimientos de análisis de conglomerados y de árbol, que permitieron definir zonas agroclimáticamente homogéneas. Los resultados mostraron cuatro zonas agroclimáticamente homogéneas, en la que la lluvia e índices asociados mostraron efecto importante sobre la definición de cada zona. Las zonas del sur de la región son más propicias para la agricultura, pero las del norte están sujetas a problemas climáticos que tornan la agricultura altamente riesgosa.

Palabras clave: *índices agroclimáticos, riesgo agroclimático, análisis multivariado.*

Abstract

The highlands region of Jalisco is an important agricultural area with rainfed agriculture subject to high risk of production caused by rain. But also this region has an environmental gradient defined by the rainfall with more than 800 mm annually in southern to less than 400 mm annually in northern. Because the climate factor may not be control or modify on a large scale, with interannual, intranual and spatial variations, a solution option is the agroclimatic characterization with these characteristics of variability, a solution option is the agroclimatic characterization that allows planning agricultural activities. The objective of this work was to assess the agroclimatic resources available and the risk of weather phenomena for agriculture in the Highlands of Jalisco, Mexico. We used 43 weather stations of CNA, located in Jalisco and neighboring States. Agroclimatological and climatological indices based on temperature, rainfall and evaporation, with averages and probabilistic were obtained. Were used procedures of Cluster analysis and Tree analysis, to allow defining homogeneous agroclimatic areas. The result showed four homogeneous agroclimatic areas, associated with rain and indexes each zone. The Southern of the region are more amenable to agriculture, but those of the Northern are subject to climatic problems that become highly risky agriculture.

Keywords: *agroclimatic index, agroclimatic risk, multivariate analysis.*

Introducción

En el noreste de Jalisco, México, región conocida como Los Altos de Jalisco, el cultivo de maíz juega un papel importante en el sector agropecuario. De 1'555,950 hectáreas que constituyen la región, 50,791 hectáreas son de uso forestal, 1'008,527 hectáreas tienen uso pecuario, 367 406 hectáreas son de uso agrícola y 129 229 hectáreas tienen uso diferente. También se indica que de la superficie agrícola, es de 33,957 hectáreas se siembran con riego y 333,449 hectáreas de temporal; el cultivo de maíz ocupa aproximadamente el 60% de la superficie temporalera. El clima de esta región tiene un gradiente muy marcado de lluvia, con más de 800 mm anuales en la parte sur hasta menos de 400 mm anuales al norte, distribuidos en una estación de crecimiento desde 130 días en el sur hasta menos de 60 días en la parte norte, agregando a esta última una mayor variación a través de los años (Sagar, 1996).

Todo sistema de producción agrícola se constituye por el clima y las características edáficas del lugar, que interaccionan con el cultivo y la tecnología de manejo que el hombre aplica sobre este. El clima de

cualquier lugar da un elevado grado de incertidumbre a la actividad agrícola por la variabilidad natural de este factor y el agroclima de una localidad se refiere a las características del clima que influyen sobre el crecimiento y desarrollo de un cultivo. Dado que el clima no se puede controlar ni modificar a gran escala, este problema se puede abordar con la caracterización agroclimática de la región con la que es posible realizar la planeación y programación de actividades operativas relacionadas con la agricultura. Al respecto, un estudio agroclimático involucra la evaluación de recursos climáticos asociados con la producción de un cultivo y la evaluación de riesgo por fenómenos de origen climático, como sequía, excesos de humedad, heladas, entre otros, permitiendo definir su potencialidad agrícola y los factores limitantes de los cultivos.

Reddy (1983a) mencionó que el propósito de la zonificación climática es identificar aquellos aspectos del clima que distinguen un área de otras vecinas y derivar inferencias de la influencia de factores climáticos sobre humanos, animales y la vida vegetal. El uso de métodos de análisis multivariado es una herramienta que se ha utilizado para agrupar y delimitar áreas homoclimáticas o clasificación de ambientes. Paterson et al. (1978) utilizaron un análisis de componentes principales con variables climáticas para construir mapas raster útiles en estudios de ecología de avena silvestre. Reddy (1983b) mediante el uso de variables agroclimáticas, en Senegal, India y Alto Volta, usó la técnica de análisis de conglomerados para definir zonas agrónomicamente homogéneas. Russell (1982) clasificaron homoclimas con el uso de la distancia euclidiana para la estandarización de variables y el coeficiente de similitud Canberra Metric para el agrupamiento de estaciones con clima homogéneo.

Por otro lado, los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas como maíz, en la agricultura de temporal de los Altos de Jalisco, tienen como principal factor limitante a la disponibilidad de humedad del suelo. La importancia de la disponibilidad de humedad en el ciclo del cultivo tiene influencia variada, con alta deficiencia de humedad la planta reacciona acelerando su desarrollo y disminuyendo su crecimiento, pero con poca deficiencia de humedad su desarrollo sólo se retrasa (Hodges, 1990). Para condiciones de excesos de humedad, el desarrollo del cultivo reacciona de la misma manera que cuando se tienen deficiencias fuertes de humedad, situación que limita el pronóstico del desarrollo fenológico del cultivo, expresado por los Grados Día de Desarrollo (GDD). Esta es la razón de considerar la disponibilidad de humedad del suelo obtenido con un balance hídrico e incluirlo en la zonificación agroclimática como fuente importante en la definición de zonas agroclimática, con índices de humedad (IH), que permitan cuantificar su efecto sobre las plantas (Doraiswamy y Thompson, 1982). En el presente caso las variables clasificatorias involucradas en la zonificación agroclimática de cultivos consideran los elementos climáticos básicos e índices asociados con la disponibilidad de humedad y factores de riesgo agroclimático. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los recursos agroclimáticos disponibles y el riesgo de fenómenos climáticos para la agricultura de los Altos de Jalisco, México.

Materiales y métodos

Localización del área de estudio

El área de estudio se ubica al noreste del estado y se constituye por los municipios: Ojuelos, Lagos de Moreno, Teocaltiche, Encarnación de Díaz, Villa Hidalgo, Jalostotitlán, San Juan de los Lagos, Unión de San Antonio, San Miguel el Alto, San Julián, San Diego de Alejandría, Villa Obregón, Valle de Guadalupe, Mexxicacán, Yahualica, Acatic, Tepatitlán, Arandas y Jesús María.

Metodología

Los elementos del clima analizados fueron: temperatura máxima, temperatura mínima, lluvia y evaporación. Con esta información y el programa SICA ver. 2.5, se determinaron las variables agroclimáticas siguientes (Flores, 1994; Thom, 1971):

1. Promedios mensuales de la temperatura máxima, temperatura mínima, lluvia y evaporación. Además de estas variables climáticas, se obtuvieron los promedios del periodo mayo a octubre y anual.
2. Radiación global con el método de Angstrom, en promedios de mayo a octubre y anual.
3. Heladas climatológicas con temperatura de 0°C. Se obtuvo la fecha de la primera y última heladas al 90% de probabilidad de excedencia y por diferencia se definió el periodo libre de heladas.
4. Probabilidad de ocurrencia de una o más granizadas.
5. Índice de disponibilidad de humedad. Para cada estación se realizó un balance de humedad con datos decenales, de donde se calculó el IH, representado por la relación:
$$IH = \frac{ET}{ETP}$$

6. Estación de crecimiento (EC) por disponibilidad de humedad y temperatura. Se determinó el inicio, fin y duración de la EC en la lluvia decenal al 70% de probabilidad de excedencia.
7. Grados Día de Desarrollo para maíz (GDD). Para la EC se acumularon los GDD, con el método residual para maíz y una temperatura base de 10°.
8. Índice de humedad de Hargreaves (IH). Este índice utiliza la precipitación pluvial (PP₇₀) decenal al 70% de probabilidad de excedencia (en mm), inicio y terminación de la estación de crecimiento al 70% probabilidad de excedencia de lluvia y la evapotranspiración potencial (ETP) promedio decenal, índice expresado por la relación siguiente: $IH = \frac{PP_{70}}{ETP}$.

Análisis de información

Con los registros climatológicos de 43 estaciones de la CNA localizadas en el área de estudio u estados vecinos, se utilizó la información de temperatura máxima, temperatura mínima, precipitación pluvial y evaporación, y los índices agroclimáticos descritos. Posteriormente se construyó una matriz de datos en EXCEL con 110 variables. Mediante el procedimiento de análisis de conglomerados (Cluster Analysis) del paquete SAS, se procesó la matriz de datos para obtener la agrupación de las estaciones climatológicas y las características agroclimáticas dentro de cada conglomerado resultante. Para identificar el orden de agrupamiento de las estaciones se usó el procedimiento análisis de árbol (Tree Analysis) del paquete SAS. La elaboración del mapa con la delimitación de las zonas agroclimáticas de condiciones homogéneas de la región Altos de Jalisco, se utilizó el SIG ARCVIEW.

Resultados y Discusión

Generación de conglomerados e integración de estaciones climatológicas. El proceso de integración de las estaciones climatológicas mediante el análisis de árbol para formar los cuatro conglomerados, se presenta en el dendograma de la Figura 1. De acuerdo con el análisis de conglomerados, resultaron cuatro grupos que hacen referencia a cuatro zonas con características agroclimáticas homogéneas las cuales muestran en el Cuadro 1. Es notable la influencia del factor humedad en la zonificación de la región, donde la parte norte es mas árida con un gradiente marcado hacia la parte sur asociado a una mayor disponibilidad de agua, como se muestra en la Figura 2. Estas condiciones definen a la zona 4, como la más adecuada para la actividad agrícola, mientras en las zonas 2 y 3, la agricultura está sujeta a mayor riesgo de producción y la zona 1, definitivamente la agricultura es una actividad altamente riesgosa.

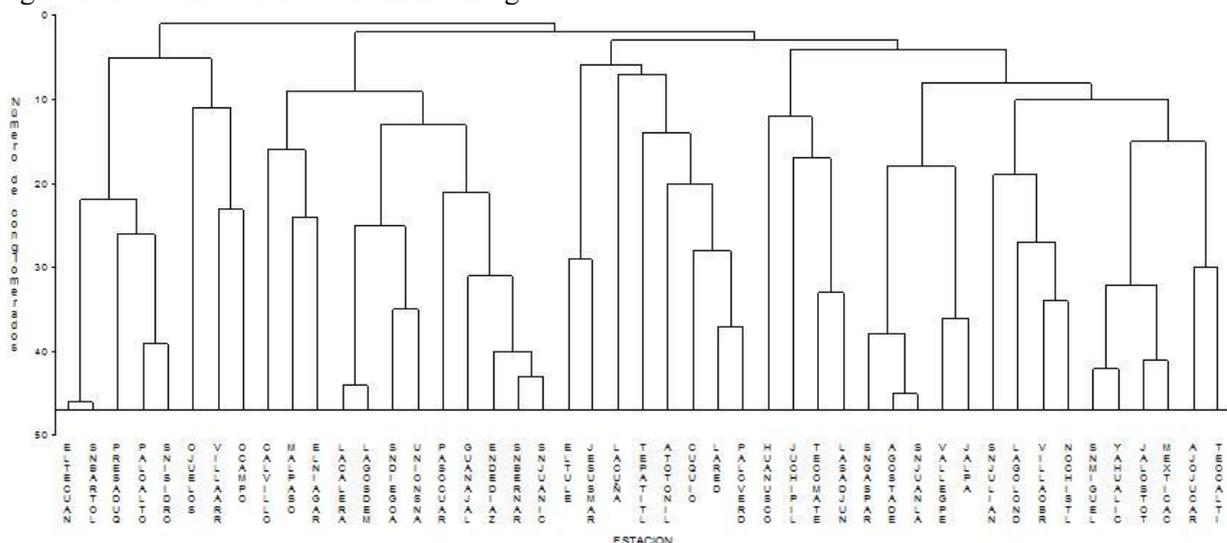


Figura 1. Dendograma con el proceso de integración de estaciones climatológicas mediante el análisis de árbol para formar los cuatro conglomerados, para la región Altos de Jalisco.

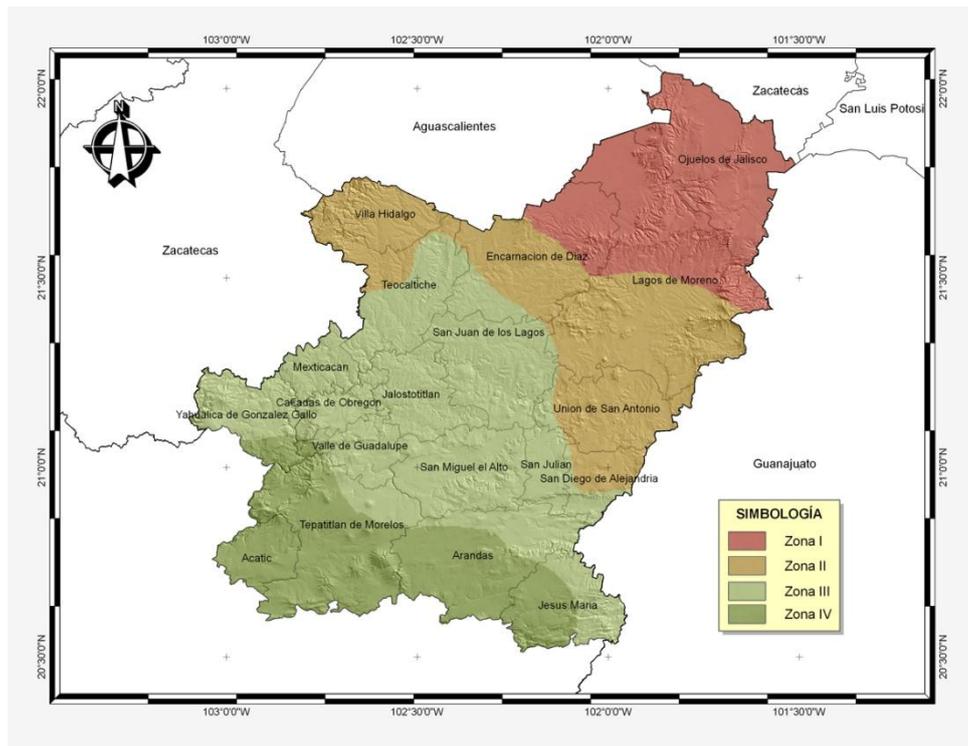


Figura 2. Zonificación agroclimática de la región Altos de Jalisco.

Conclusiones

Se definieron y delimitaron cuatro zonas agroclimáticas por disponibilidad de humedad en la región Altos de Jalisco. Las características agroclimáticas de las zonas resultantes tienen un alto grado de influencia de la disponibilidad de humedad. La presente zonificación agroclimática presente tiene la información para apoyar la programación de actividades operativas agrícolas de los Altos de Jalisco.

Literatura citada

- Doraiswamy, P.C. y D.R. Thompson. 1982. A crop moisture stress index for large areas and its application in the prediction of spring wheat phenology. *Agric. Meteorol.*, 27:1-15.
- Flores L., H.E. 1994. Análisis agroclimático del noreste de Jalisco, México, para el manejo en la producción de maíz (*Zea mays* L.) de temporal. Tesis de maestría en ciencias. Programa de agrometeorología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Hodges, T. 1990. Temperature and water stress effects phenology, En: predicting crop phenology (Hodges, T., Editor). CRC Press. Boca Raton, Florida, E.U.A.
- Paterson, J.G., Goodchild, N.A. y Boyd, W.J.R. 1978. Classifying environment for sampling purposes using a principal component analysis of climatic data. *Agric. Meteorol.*, 19:349-362.
- Reddy, S.J. 1983a. Agroclimatic classification of the semi-arid tropics. I. A method for the computation of classificatory variables. *Agric. Meteorol.*, 30:185-200.
- Reddy, S.J. 1983b. Agroclimatic classification of the semi-arid tropics. IV. Classification of India, Senegal and Upper Volta. *Agric. Meteorol.*, 30:293-325.
- Russell, J.S. 1982. Selection of homoclimates based on comparisons with single stations and using monthly rainfall and temperature data. *Agric. Meteorol.*, 26:179-194.
- SAGAR. 1996. Sistema Anuario de la producción Agrícola en Medio Magnético. Centro de Estadística Agropecuaria. México, D.F.
- Thom, H.C.S. 1971. Some methods of climatological analysis. Technical note no.81, WMO-No. 199. Geneva, Switzerland.

Cuadro 2. Características agroclimáticas de cada zona generada en el análisis de conglomerados para la región Altos de Jalisco.

VARIABLE	ZONA				VARIABLE	ZONA				VARIABLE	ZONA				VARIABLE	ZONA								
	1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4		1	2	3	4					
TmxNE	21.7	24.2	24.7	24.9	PpENE	14.2	13.5	12.3	15.8	Pp70M	324.9	443.6	497.4	712.0	IH	0.01	0.02	0.0	0.02	Pp70/ETP	0.01	0.01	0.0	0.02
TmxFE	23.2	24.9	25.9	25.6	PpFEB	10.0	6.7	5.5	6.5	Pp70A	390.1	498.6	578.4	782.1	MAY3	5	2	0.9	9	MAY3	0.01	5	0.0	4
TmxM	25.9	27.6	29.2	28.1	PpMAR	6.5	5.3	4.7	5.0	tmxMO	26.7	28.1	29.1	27.1	JUN1	0.01	0.02	0.02	0.19	Pp70/ETP	0.01	0.01	0.01	0.09
TmxAB	28.3	30.0	31.7	30.8	PpABR	10.4	9.1	8.8	8.8	tmxAN	25.3	26.9	28.0	26.4	JUN2	0.02	0.14	0.25	0.39	Pp70/ETP	0.02	0.12	0.19	0.50
TmxM	29.8	30.9	33.1	31.6	PpMAY	27.5	23.4	23.0	36.2	tmnMO	11.4	12.3	13.4	12.7	JUN3	0.18	0.41	0.55	0.73	Pp70/ETP	0.19	0.47	0.76	1.39
TmxJU	28.5	29.9	31.2	28.4	PpJUN	72.5	103.7	123.3	170.0	tmnMO	11.4	12.3	13.4	12.7	JUN3	0.18	0.41	0.55	0.73	JUN3	4	6	1	9
TmxJU	26.3	27.7	28.2	27.8	PpJUL	107.8	133.8	176.1	221.2	tmnAN	8.4	9.0	10.2	9.6	JUL1	0.21	0.50	0.59	0.81	Pp70/ETP	0.25	0.62	0.81	1.48
TmxAG	26.0	27.7	28.2	26.9	PpAGO	102.2	138.5	165.5	208.6	tmnMO	11.4	12.3	13.4	12.7	JUL2	0.35	0.52	0.62	0.8	Pp70/ETP	0.43	0.67	0.87	1.43
TmxSE	25.3	26.9	27.2	26.3	PpSEP	78.2	106.4	108.2	146.0	tmnMO	11.4	12.3	13.4	12.7	JUL2	0.35	0.52	0.62	0.8	Pp70/ETP	0.22	0.48	0.8	1.49
TmxOC	24.7	25.7	27.5	26.3	PpOCT	37.1	40.9	40.3	50.4	oscter	15.2	15.7	15.7	14.4	JUL3	0.23	0.46	0.62	0.89	Pp70/ETP	0.22	0.48	0.8	1.49
TmxND	23.6	25.7	26.7	25.9	PpNOV	10.9	11.8	10.9	12.4	oscter	16.9	17.9	17.9	16.6	JUL3	0.27	0.51	0.57	0.89	Pp70/ETP	0.32	0.62	0.76	1.135
TmxDI	21.9	23.6	24.6	24.2	PpDIC	11.4	12.3	11.2	8.1	MO	15.2	15.7	15.7	14.4	AG01	0.27	0.61	0.67	0.90	AG01	9	0	8	8
TmnNE	3.4	3.9	5.0	4.3	EvENE	106.7	125.4	125.0	123.0	rsMO	480.6	484.1	479.6	473.8	AG02	0.19	0.38	0.54	0.90	Pp70/ETP	0.33	0.85	0.8	1.415
TmnFE	4.0	4.6	5.7	4.9	EvFEB	117.2	144.8	158.4	148.4	rsAN	452.1	454.1	447.6	444.6	AG03	0.19	0.38	0.54	0.90	Pp70/ETP	0.21	0.45	0.68	1.261
TmnM	6.7	6.8	8.4	7.2	EvMAR	180.7	214.0	230.9	215.8	ecIN	23-jul	01-jul	25-jun	19-jun	AG03	0.19	0.38	0.54	0.90	Pp70/ETP	0.14	0.38	0.53	1.016
TmnAB	9.0	9.7	11.0	9.5	EvABR	206.6	237.1	253.7	252.0	ecFIN	03-ago	30-ago	18-sep	06-oct	SEP1	0.141	0.30	0.40	0.86	Pp70/ETP	0.24	0.40	0.53	0.99
TmnM	11.5	12.0	13.6	12.4	EvMAY	223.5	257.6	267.8	263.7	ecDUR	12.2	61	86	110	SEP2	0.20	0.31	0.29	0.82	SEP2	8	2	9	5
TmnJU	12.8	14.0	15.4	14.2	EvJUN	194.3	209.3	217.7	193.2	GDD_ec	116.6	613	919	1046	IH	0.10	0.22	0.16	0.76	Pp70/ETP	0.121	0.28	0.25	0.55
TmnJU	12.7	13.6	14.3	13.9	EvJUL	172.9	178.9	175.4	152.5	Prihel	07-oct	14-oct	20-oct	30-oct	SEP3	0.01	0.02	0.04	0.65	Pp70/ETP	0.02	0.02	0.05	0.26
TmnAB	12.2	13.3	14.3	13.7	EvAGO	162.4	168.4	165.7	140.3	Ulthel	14-abr	15-abr	02-abr	25-mar	OCT1	0.01	0.02	0.04	0.65	OCT1	0	9	3	4
TmnSE	11.7	13.0	14.1	13.2	EvSEP	142.4	150.5	148.3	123.3	plh90	176	182	201	219	IH	0.03	0.04	0.05	0.43	Pp70/ETP	0.05	0.05	0.09	0.101
TmnO	9.1	10.3	11.3	10.5	EvOCT	139.4	148.1	150.4	124.1	graniJ	3.4	10.6	12.9	25.1	OCT2	0.0	0.00	0.0	0.22	OCT2	1	3	1	1
TmnN	5.6	6.7	7.6	6.9	EvNOV	125.3	130.9	133.5	114.0	graniJ	2.4	19.1	18.8	37.5	OCT3	0.0	0.00	0.0	0.67	Pp70/ETP	0.0	0.0	0.0	0.0
TmnDI	4.2	5.2	6.1	5.4	EvDIC	107.4	118.3	120.6	107.7	graniS	2.6	5.1	5.9	17.6	NOVI	0.0	0.00	0.0	0.07	Pp70/ETP	0.0	0.0	0.0	0.0
										graniC	2.6	5.9	5.4	12.5	LONG	-	-	-	-	NOVI	00	00	00	00

*Tmx=temperatura máxima, Tmn=temperatura mínima, Pp= precipitación pluvial, Ev=evaporación, oscter=oscilación térmica, rs=radiación solar, AN= anual, MO= mayo a octubre, ec=estación de crecimiento, GDD_ec=grados día de desarrollo acumulados en la ec, Prihel=fecha de primera helada, Ulthel=fecha de última helada, plh=periodo libre de heladas, grani=probabilidad de una o más granizadas, IH=índice de humedad, LON=longitud geográfica, LAT=latitud geográfica, ALT=altitud, ETP=evapotranspiración potencial.

MODELOS AGROMETEOROLOGICOS PARA LA ESTIMACION DEL RENDIMIENTO EN CAMPO Y EL PORCIENTO DE SACAROSA EN FÁBRICA EN CAÑA DE AZUCAR EN EL INGENIO LA JOYA DEL ESTADO DE CAMPECHE, MEXICO

Soto Rocha Jesús Manuel¹ y Báez González Alma Delia²

¹Campo Experimental Edzná-CIRSE-INIFAP y ²C.E. Pabellon-LNMySR-INIFAP. E-mail: soto.jesus@inifap.gob.mx

Resumen

Para realizar el estudio fue necesario recabar información climática y productiva del cultivo de caña de la zona de abastecimiento del Ingenio la Joya. Los registros climáticos fluctúan de 27-47 años. Así mismo fue necesario recabar información de las series históricas del El Niño Southern Oscillation (ENSO) en la región 3.4 y del The North Atlantic Oscillation (NAO) para generar los análisis. Los datos de rendimiento de caña por hectárea y por ciento de sacarosa para las últimas 25 zafras, así como datos de rendimiento de caña por hectárea para planta, soca y resocas de las últimas 13 zafras fueron considerados como la variable dependiente en los modelos de regresión calculados, tomando como variable independiente los datos de las anomalías de las variables climáticas de precipitación, temperatura máxima y mínima, ENSO y NAO.

Los modelos de regresión generados, indican que la variable de la desviación de la temperatura máxima y el NAO generan para la primera situación los mejores modelos predictivos para el pronóstico del rendimiento por hectárea y el por ciento de sacarosa a nivel de zafra, al igual que la desviación de la temperatura mínima. Los modelos de predicción indican que es posible pronosticar el volumen de cosecha y el contenido de sacarosa con anticipación a la cosecha en función de variables (PP, TS y TI) del clima y de teleconexiones modeladoras del clima como es el caso del ENSO y el NAO.

Palabras clave: Modelos agrometeorológicos, variables climáticas y ENSO, NAO.

Abstract

To conduct the study was necessary to obtain productive climate and cultivation of sugarcane in the area of supply of the Factory La Joya. Climate records ranging from 27-47 years. Also was necessary to obtain historical series El Niño Southern Oscillation (ENSO) in the region of 3.4 and The North Atlantic Oscillation (NAO) to generate the analysis. Performance data of cane per hectare and percent of sucrose for the last 25 harvests, as well as performance data of cane per hectare for plant, one ratoon and n ratoon of the last 13 harvests were considered as the dependent variable in the regression models calculated taking as independent variable data anomalies of climate variables of precipitation, maximum and minimum temperature, ENSO and NAO.

Generated regression models indicate that the variable maximum temperature deviation and the NAO generated for the first situation the best predictive models for forecasting the yield per hectare and the percentage of sucrose at the level of harvest, as well as the minimum temperature deviation. Predictive models indicate that it is possible to predict the harvest volume and sucrose content in advance of the harvest in terms of variables (PP, ST and TI) of climate and climate modelers teleconnections such as ENSO and NAO.

Key Words: Agrometeorological models, climate variables and ENSO, NAO.

Introducción

Desde los inicios de la agricultura, los agricultores se han interesado siempre por poder evaluar el monto de la cosecha futura en relación con la superficie sembrada. Este deseo ha estado también en todos los programas de mejora de los cultivos, y ha guiado al agricultor para estimar las necesidades alimentarias de su familia. En una escala más amplia, ha influido también en la intención de los gobiernos de efectuar estimaciones prudentes del equilibrio alimentario de sus respectivos países, debido a que periódicamente se produce una escasez de alimentos a causa de la inestabilidad del clima y sus inevitables repercusiones en la producción de cultivos, los encargados de la planificación de cada país dan cada vez mayor importancia al seguimiento de los cultivos, y a la evaluación de la producción

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

final con relación a su dependencia de las condiciones climáticas. El pronóstico es muy importante para ayudar a los países productores a conocer por anticipado el volumen de la cosecha, y el de la parte que se puede exportar. Es también muy importante para los países importadores de alimentos, a fin de poder prever el volumen de sus cosecha local, su capacidad de exportación, o bien la parte de consumo nacional que debe ser cubierta con importaciones sobre todo en la época actual donde hay indicios de una crisis mundial de alimentos debida a diversos factores (Biswas, 1986; Frere y Popov, 1986; Ruiz, 2003, Aceves, 2008 y Torres, 2010).

Todos los proyectos agrícolas necesitan registros confiables para proporcionar supervisión, evaluación y funciones de diagnóstico de las actividades claves que determinan el desempeño del producto, sobretodo en la agricultura por contrato donde los compromisos deben ser cumplidos para mantenerse en un mercado mundial altamente competitivo. La información estadística sobre la producción pasada y presente es vital para proporcionar a todos aquellos comprometidos con el proyecto los datos sobre los cuales se basan la distribución de cuotas, los cálculos sobre rendimiento del cultivo y se adelantan las estrategias de comercialización. Los administradores necesitan acumular, analizar y distribuir información no solo para mantener registros del proyecto y del agricultor sino también para evaluar el desempeño de la producción y calcular los indicadores de rendimiento. Este seguimiento es particularmente necesario en proyectos grandes que involucran a cientos o miles de agricultores como es el caso de los productores de caña que abastecen al Ingenio la Joya (Eliás, 2001; Campos, 2005; Medina, 2008).

Materiales y Métodos

Este punto comprende los siguientes aspectos:

Ingenio analizado. El ingenio instalado en el estado de Campeche es el Ingenio la Joya, por su importancia económica y social en el agrocampechano, los gobiernos federal y campechano seguirán apoyando a la agroindustria de esta gramínea ubicado en el municipio de Champoton.

Información histórica recabada. Para realizar el pronóstico de cosecha fue necesario recabar información climática y productiva del cultivo de caña de la zona de abastecimiento del Ingenio la Joya.

Climática. Se consideraron ocho estaciones –Bolonchén, Hopelchen; Hool, Champoton; Pustunich, Champoton; Champoton, Champoton; Pixoyal, Champoton; Canasayab, Champoton; Sihochaac, Champoton y Campeche, Campeche.” para el análisis, las series climáticas fluctúan de 27-47 años. Así mismo fue necesario recabar información de las series históricas del The El Niño Southern Oscillation (ENSO) en la región 3.4 del ENSO –<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.Indices/.nino/.EXTENDED/.NINO34/?help+datatables>” y del The North Atlantic Oscillation (NAO) –<http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/data.htm>” para correr los análisis de regresión con las variables productivas de la caña.

B) Productiva. Con respecto a esta variable se recabo información de los datos de rendimiento de caña por hectárea y porciento de sacarosa para las ultimas 25 zafras –Cuadro 2”, así como datos de rendimiento de caña por hectárea para planta, soca y resocas de las ultimas 13 zafras –Cuadro 3” del Ingenio la Joya.

Criterios aplicados en el análisis. A continuación se indican las consideraciones tomadas en cuenta para realizar la recopilación y análisis de la información climática y productiva.

A) Climática. Se considero que las estaciones tuvieran datos continuos de las variables de precipitación, temperatura máxima y mínima por un intervalo de tiempo igual a la serie de datos productivos del Ingenio la Joya. Además de la información del ENSO, también se considero la del NAO para su relación con los datos productivos.

B) Productiva. Los datos de rendimiento de caña por hectárea y porciento de sacarosa para las ultimas 25 zafras, así como datos de rendimiento de caña por hectárea para planta, soca y resocas de las ultimas 13 zafras fueron considerados como la variable dependiente en los modelos de regresión calculados, tomando como variable independiente los datos de las anomalías de las variables climáticas de precipitación, temperatura máxima y mínima, ENSO Y NAO.

Resultados y Discusión

A continuación se presentan los datos de las variables dependientes e independientes con las cuales fueron generados los modelos de pronóstico para el rendimiento y el porcentaje de sacarosa de la caña en el Ingenio la Joya.

Precipitación. Los datos de las desviaciones de la lluvia mensual fueron agrupados por trimestre, los trimestres con la mayor correlación para el rendimiento son marzo-mayo, septiembre-noviembre y agosto-octubre, con respecto al porcentaje de sacarosa, los trimestres con la mayor correlación fueron mayo-julio, abril-junio y junio-agosto. Con respecto al pronóstico de rendimiento en planta los trimestres con la mayor correlación fueron octubre-diciembre, marzo-mayo y febrero-abril, para el rendimiento en soca los trimestres con la mayor correlación fueron septiembre-noviembre, agosto-octubre y marzo-mayo, y por último para el rendimiento en resocas los trimestres con la mayor correlación fueron octubre-diciembre, septiembre-noviembre y marzo-mayo.

Temperatura máxima. Los datos de las desviaciones de la temperatura máxima mensual fueron agrupados por trimestre, los trimestres con la mayor correlación para el rendimiento son agosto-octubre, septiembre-noviembre y octubre-diciembre, con respecto al porcentaje de sacarosa, los trimestres con la mayor correlación fueron noviembre-enero, octubre-diciembre y diciembre-febrero. Con respecto al pronóstico de rendimiento en planta los trimestres con la mayor correlación fueron octubre-diciembre, marzo-mayo y febrero-abril, para el rendimiento en soca los trimestres con la mayor correlación fueron septiembre-noviembre, agosto-octubre y marzo-mayo, y por último para el rendimiento en resocas los trimestres con la mayor correlación fueron octubre-diciembre, septiembre-noviembre y marzo-mayo.

Temperatura mínima. Los datos de las desviaciones de la temperatura mínima mensual agrupados por trimestre tuvieron la mayor correlación para el rendimiento en enero-marzo, julio-septiembre y diciembre-febrero, con respecto al porcentaje de sacarosa, los trimestres con la mayor correlación fueron agosto-octubre, marzo-mayo y julio-septiembre. Con respecto al pronóstico de rendimiento en planta los trimestres con la mayor correlación fueron septiembre-noviembre, agosto-octubre y julio-septiembre, para el rendimiento en soca los trimestres con la mayor correlación fueron marzo-mayo, abril-junio y febrero-abril, y por último para el rendimiento en resocas los trimestres con la mayor correlación fueron mayo-julio, marzo-mayo y enero-marzo.

ENSO. Los datos de las desviaciones de la temperatura superficial del mar en la región 3.4 del ENSO, para esta variable los trimestres con la mayor correlación para el rendimiento fueron diciembre-febrero, enero-marzo y febrero-abril, con respecto al porcentaje de sacarosa, los trimestres con la mayor correlación fueron diciembre-febrero, enero-marzo y febrero-abril, es decir los mismos que para predecir el rendimiento. Con respecto al pronóstico de rendimiento en planta los trimestres con la mayor correlación fueron noviembre-enero, octubre-diciembre y septiembre-noviembre, para el rendimiento en soca los trimestres con la mayor correlación fueron marzo-mayo, febrero-abril y enero-marzo, y por último para el rendimiento en resocas los trimestres con la mayor correlación fueron enero-marzo, diciembre-febrero y febrero-abril.

NAO. Los datos del índice NAO miden la diferencia de presión en superficie entre Gibraltar (Azores) y la estación de Reykjavik (Islandia) en www.cru.uea, los valores fueron agrupados por trimestre, los trimestres con la mayor correlación para el rendimiento fueron julio-septiembre, mayo-julio y agosto-octubre, con respecto al porcentaje de sacarosa, los trimestres con la mayor correlación fueron agosto-octubre, julio-septiembre y junio-agosto. Con respecto al pronóstico de rendimiento en planta los trimestres con la mayor correlación fueron octubre-diciembre, diciembre-febrero y julio-septiembre, para el rendimiento en soca los trimestres con la mayor correlación fueron diciembre-febrero, enero-marzo y febrero-abril, y por último para el rendimiento en resocas los trimestres con la mayor correlación fueron diciembre-febrero, mayo-julio y enero-marzo.

Los modelos de regresión generados para el pronóstico del rendimiento por hectárea y el porcentaje de sacarosa a nivel de zafra, indican de acuerdo al cuadro 1 que la variable de la desviación de la temperatura máxima genera para la primera situación los mejores modelos predictivos para el pronóstico del rendimiento por hectárea y el porcentaje de sacarosa a nivel de zafra. Los valores de los coeficientes de correlación son ± 0.6 . En cambio para el caso del pronóstico del rendimiento por hectárea a nivel de ciclo de cultivo por zafra, la variable ENSO genera el mejor modelo predictivo

para rendimiento en el ciclo de cultivo —caña” y la variable NAO para los ciclos de cultivo soca y resocas. Los valores de los coeficientes de correlación son ± 0.59 a 0.72 .

Cuadro 1. Datos de modelos para predicción de rendimiento y % de sacarosa por zafra.

VARIABLE DE CLIMA	VARIABLE DE PRODUCCION	TRIMESTRE	R ²
DPP	Ton/Ha	MAM	0.454
DPP	% Sacarosa	MJJ	-0.285
DTS	Ton/Ha	ASO	0.588
DTS	% Sacarosa	NDE	-0.603
DTI	Ton/Ha	EFM	-0.380
DTI	% Sacarosa	ASO	0.548
ENSO	Ton/Ha	DEF	-0.302
ENSO	% Sacarosa	DEF	-0.287
NAO	Ton/Ha	JJA	0.471
NAO	% Sacarosa	ASO	-0.466

Conclusiones

Los datos de la predicción de cosecha del rendimiento en ton/ha y del % de sacarosa a nivel de zafra de los predios cañeros del cultivo de caña de la zona de abastecimiento del Ingenio la Joya, indican que es posible pronosticar el volumen de cosecha y el contenido de sacarosa con anticipación a la cosecha en función de variables del clima y de teleconexión modeladoras del clima como es el caso del ENSO y el NAO, así como los rendimientos de los ciclos de cultivo de la caña de azúcar con estas mismas variables.

Para mejorar los niveles predictivos de los modelos es necesario generar modelos a nivel de agroecosistemas en donde la variabilidad climática y edáfica mantenga los rendimientos estadísticamente iguales y los niveles de inversión y manejo del proceso productivo de la caña de azúcar sean homogéneos. También se hace necesario considerar los aspectos bióticos —“ plagas y enfermedades” y el impacto de las políticas públicas y las distorsiones de los precios de los insumos y del producto ya que modifican las decisiones de los productores cañeros en sus procesos productivos y las meta de su producción.

Literatura Citada

- Aceves Navarro, L. et al. 2008. Estudios para Determinar Zonas de Alta Potencialidad de los Cultivos en el estado de Tabasco (Informe General). Tomo I SAGARPA-Gobierno del Estado DE Tabasco- CP-INIFAP. Villahermosa, Tabasco, México. 65p.
- Biswas, B.C. 1986. Agroclimatología del Cultivo de la Caña de Azúcar. CagM VIII-Informe acerca de la Agroclimatología del Cultivo de la Caña de Azúcar. Comisión de Agrometeorología. Traducción de la nota técnica 193 de la WMO por Luis D. Lasso Espinosa. Ginebra, Suiza. 190 p.
- Campos Aranda, D.F. 2005. Agroclimatología: Cuantitativa de Cultivos. Trillas. México, D.F. 320p.
- Eliás Castillo, F. y Castellvi Sentis, F. 2001. Agrometeorología. Segunda Edición. Mundi Prensa. Madrid, España. 517p.
- Frere, M. Popov, G.F. 1986. Pronostico Agrometeorológico del Rendimiento de los Cultivos. FAO. Ginebra. 194p.
- <http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.Indices/.nino/.EXTENDED/.NINO34/?help+datatables>
- <http://www.cru.uea.ac.uk/~timo/data.htm>
- Medina García, G., et al. 2008. Uso de Estaciones Meteorológicas en la Agricultura. Campo Experimental Zacatecas. CIR Norte Centro. INIFAP. Calera de V. R., Zacatecas, México. 19p.
- Ruiz Corral, J.A. et al. 2003. Recursos edafoclimáticos para la planeación del sector productivo en el estado de Jalisco. Libro Técnico Núm. 2. Campo Experimental Centro de Jalisco. CIR Pacifico Centro. INIFAP. Guadalajara, Jalisco, México. 172 p.
- Torres Meza, M. et al. 2010. Red de Estaciones Agrometeorológicas en Zonas Cañeras. Publicación Especial Núm. 37. Campo Experimental Pabellon. CIR Norte Centro. INIFAP. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 42 p.

EVALUACIÓN AGROECOLÓGICA DEL CULTIVO DE CÁRTAMO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, BAJA CALIFORNIA SUR

Sotelo-Noguez Edgar Orlando¹, Vargas-Márquez, Rubén¹, Mercado-Mancera, Gustavo², Troyo-Diéguez, Enrique³, Navejas-Jiménez, Jesús⁴.

¹Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Ingeniería Agrícola, UNAM.

e-mail: edgar-noguez@hormail.com

²Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Agrícolas, UNAM.

³Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S.

⁴INIFAP-Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar los factores climáticos y edáficos que influyen en el desarrollo del cultivo de cártamo, el cual representa para los productores del valle de Santo Domingo, Baja California Sur, una excelente oportunidad económica. Para la investigación se tomaron en cuenta los datos diarios de temperatura media, precipitación y se calculó la evapotranspiración, a nivel mensual y anual, considerando la serie de datos de 1979 a 2010, de las estaciones presentes en la zona de estudio. Los datos de la calidad fisicoquímica del suelo fueron tomados del estudio reportado por Mercado (2011). Se efectuó un análisis de regresión múltiple y de componentes principales utilizando el programa STATGRAPHICS 5.1. Los resultados mostraron que la producción de cártamo puede iniciar cuando ocurren las primeras lluvias, a finales de agosto y principios de septiembre. Sin embargo debido a las bajas precipitaciones se tiene que completar el ciclo de cultivo con riegos de auxilio. El análisis del suelo mostró un incremento en la conductividad eléctrica, en la concentración de sodio, y un bajo porcentaje de materia orgánica y de nitrógeno total, lo que debe poner énfasis en implementar prácticas de conservación de suelo. A pesar de ello, el cultivo de cártamo presenta una buena opción a producirse bajo estas condiciones. Se concluyó que las condiciones climáticas permiten el buen desarrollo del cártamo, sin embargo, los productores deberán modificar sus prácticas agrícolas, que permita incrementar la fertilidad del suelo e implementar mejores técnicas de riego.

Palabras clave: *Clima, suelo, cártamo.*

Abstract

This study aimed to evaluate the climatic and edaphic factors that influence the development of safflower crop, which accounts for the producers of the Santo Domingo Valley, Baja California Sur, an excellent economic opportunity. For the research took into account the data daily average temperature, precipitation and evapotranspiration calculations, monthly and annual level, considering the data series from 1979 to 2010, stations in the area of study. The data on the physicochemical quality of soil were taken from the study reported by Mercado (2011). An analysis of multiple regression and principal components using the STATGRAPHICS 5.1 program was made. The results showed that the production of safflower can be started when the first rains occur in late August and early September. However, due to low rainfall has to complete the growing cycle with auxiliary irrigation. Soil analysis showed an increase in electrical conductivity in the concentration of sodium and a low percentage of organic matter and total nitrogen, which should put emphasis on implementing soil conservation practices. However, cultivation of safflower has a good choice to occur under these conditions. It was concluded that climatic conditions allow the proper development of safflower; however, producers must alter their farming practices, so as to increase soil fertility and implement improved irrigation techniques.

Key Words: *Climate, soil, carthamus.*

Introducción

El cártamo representa uno de los cultivos más importantes en el mundo y en México; forma parte de los diez cultivos de oleaginosas que son los de mayor producción y demanda en los mercados de todo el mundo, y en México forma parte del Programa Nacional de Producción de Oleaginosas 2007-2012,

con el fin de disminuir las importaciones de este cultivo (Comité **Nacional Sistema Producto Oleaginosas**, 2011).

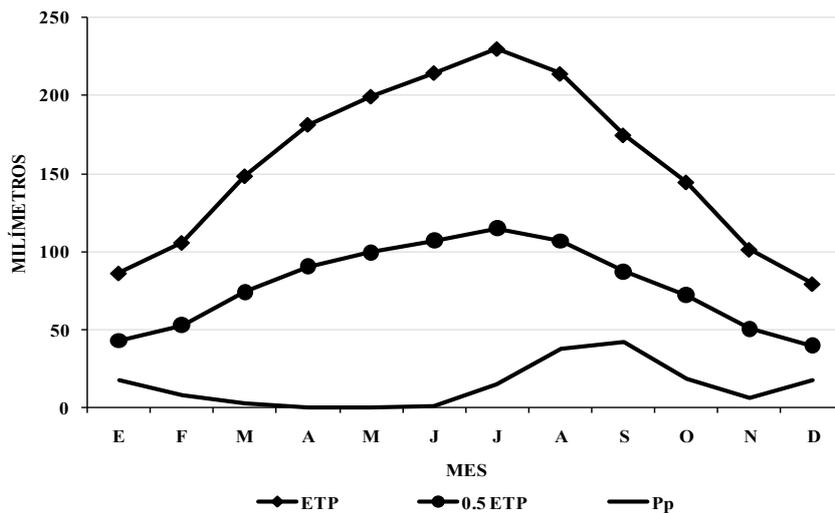
Los factores económicos, de adaptación y los agroecológicos (interacción suelo-planta-atmósfera), hacen del cultivo de cártamo un producto sumamente interesante y atractivo para los productores, los industriales y los consumidores de la región noroeste de México. En este sentido, en el estado de Baja California Sur se ha enfocado a potencializar la cadena productiva de cártamo en coordinación con el Sitio Experimental Valle de Santo Domingo del INIFAP, B.C.S., puesto que existe un abatimiento del acuífero del valle de Santo Domingo que abastece a todo el Distrito de Riego 066, producto de la sobreexplotación de este, por el cultivo de especies altamente demandantes de agua como lo fue el algodón, el trigo y la alfalfa. El 97 % del recurso hídrico se destina para uso agrícola y el 3 % restante para otros usos, lo que ha generado la salinización del agua por la intrusión de agua del mar, que luego se traslada al suelo por medio del riego agrícola. En estas condiciones, el cultivo de cártamo representa una oportunidad económica para los productores de la zona, por tener tolerancia a la salinidad del suelo y bajo consumo de agua. Por lo anterior, se realizó el estudio de las condiciones agroecológicas del valle de Santo Domingo, B.S.C., evaluando los elementos edáfico-climáticos que influyen en el desarrollo del cultivo de cártamo (*Carthamus tinctorius* L.).

Materiales y Métodos

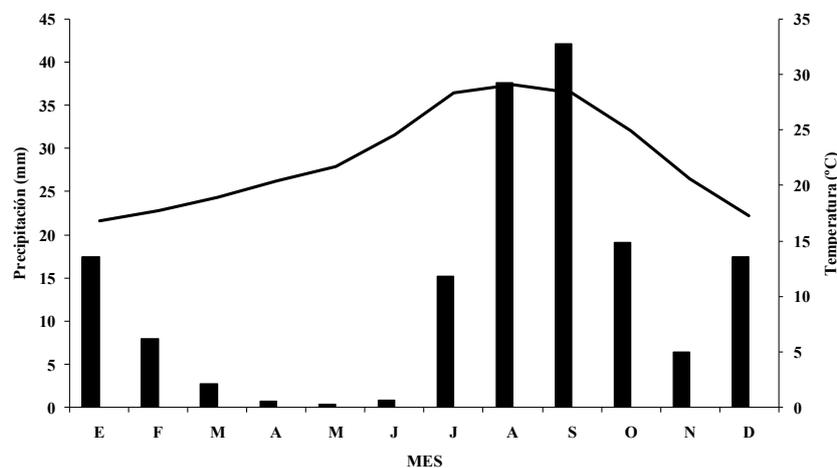
La presente investigación se llevó a cabo en el valle de Santo Domingo, perteneciente al municipio de Comondú, estado de Baja California Sur. La altitud oscila entre los 0 y 1,140 msnm. El valle de Santo Domingo que se encuentra en el Distrito de Riego 066, Baja California Sur, ocupa una superficie de 72,409 ha que representan el 45.4 % de la extensión municipal (Troyo *et al.*, 2010). Presenta un clima BW, árido, con una precipitación que oscila entre 50 a 150 mm anuales, llegando hasta los 300 mm en la zonas serranas (Meza y Reygadas, 2001; CONAGUA-UABCS, 2009). Las temperaturas que se registran en el 95 % del distrito presentan temperaturas mínimas promedio de 13 y 14 °C, siendo sus límites inferior y superior de 12 y 15 °C, respectivamente. La temperatura máxima promedio anual varía de los 25 °C a los 30 °C, un 78 % de la superficie del valle es afectada por temperaturas de entre 29 °C y 30 °C en la parte oriental. Para realizar el estudio, se utilizaron datos climáticos de las estaciones: Cd. Insurgentes, Villa Morelos, Cd. Constitución y Ley Federal de Aguas No. 5, pertenecientes al Sistema Meteorológico Nacional-Comisión Nacional del Agua (SMN-CONAGUA). La serie de tiempo analizada fue de 1979 al 2010. Se sistematizaron los datos diarios de temperatura: media; precipitación y evapotranspiración, en valores promedio mensual y anual. Los datos de la calidad fisicoquímica del suelo, fueron tomados del estudio realizado y reportado por Mercado (2011), realizados en el laboratorio de Edafología del CIBNOR, S.C. El análisis estadístico incluyó el análisis de regresión múltiple y el análisis de componentes principales, utilizando el programa STATGRAPHICS 5.1.

Resultados y Discusión

La disponibilidad de agua en el valle de Santo Domingo, representa una limitante para el cultivo de cártamo puesto que durante su ciclo biológico se requieren alrededor de 600 mm (Meza y Reygadas, 2001) y en la zona la precipitación alcanza sólo 150 mm en promedio (Gráfica 1); así mismo se muestra la tendencia de la temperatura media y la precipitación en el valle de Santo Domingo, B.C.S. (Gráfica 2). Bajo estas condiciones, se puede establecer el cultivo de cártamo cuando se presentan las primeras lluvias, a finales del mes de agosto e inicios de septiembre; la continuación del ciclo deberá utilizarse agua de riego obtenida de la extracción de agua subterránea. En estas zonas áridas se hace indispensable el uso de riego para el desarrollo de la agricultura, puesto que la temporada de estiaje es muy larga (Evenari *et al.*, 1985) y la disponibilidad de humedad es baja (Mercado, 2011).



Gráfica 1. Estación de crecimiento, valle de Santo Domingo, B.C.S.



Gráfica 2. Tendencia de la precipitación y temperatura media, valle de Santo Domingo, B.C.S.

Se tomaron 13 parámetros fisicoquímicos de diversas muestras de suelo agrícola del valle de Santo Domingo, reportadas por Mercado (2011); en el Cuadro 3 se muestran los promedios obtenidos en dicho estudio.

Cuadro 3. Resultados promedio del análisis químico del suelo en el valle de Santo Domingo.

pH	D.A.	M.O.	C.E.	HCO ₃	Ca	Mg	N	P	K	S	Fe	Na
	(gr cm ⁻³)	(%)	(μS cm ⁻¹)	(mg Kg ⁻¹)								
7.7	1.69	0.5	641.4	62.7	42.2	40.4	0.5	6.2	24.0	36.5	0.3	147.1

En el estudio se reportaron hasta 1,884.0 μS cm⁻¹, que evidencia el incremento de la conductividad eléctrica del suelo, condiciones que el cultivo de cártamo puede tolerar, como señalaron Rivas y Matarazzo (2009). Asimismo, los demás elementos químicos analizados no muestran limitantes para la producción de cártamo en el valle de Santo Domingo, pero si se hace hincapié en la necesidad de mejorar las prácticas agrícolas por parte del productor que permitan incrementar el porcentaje de materia orgánica en el suelo, puesto que los valores reportados por Mercado (2011) son muy bajos.

Se realizó un análisis de componentes principales entre las variables de suelo, esto se hizo con el propósito de establecer las relaciones y significancias de cada elemento en relación a la materia orgánica y su impacto en el cultivo de cártamo (Cuadro 1). Se obtuvieron cuatro componentes que tuvieron eigenvalores mayores o iguales a 1.0, en conjunto ellos explican 71.7 % de la variabilidad en los datos originales.

Cuadro 1. Análisis de componentes principales de las variables de suelo determinadas para el valle de Santo Domingo, B.C.S.

Componente		Porcentaje de	Porcentaje
Número	Eigenvalor	Varianza	Acumulado
1	4.44363	34.182	34.182
2	2.22708	17.131	51.313
3	1.34942	10.380	61.693
4	1.30235	10.018	71.711

En el Cuadro 2 se presentan los valores del análisis de varianza de regresión múltiple entre las variables fisicoquímicas del suelo y la materia orgánica.

Cuadro 2. ANOVA para la relación de las variables fisicoquímicas-materia orgánica.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Modelo	1.04672	12	0.0872266	2.37	0.0265
Residuo	1.141	31	0.0368063		
Total (Corr.)	2.18772	43			

R-cuadrada = 47.8 %

R-cuadrado (ajustado para g.l.) = 27.66 %

Error estándar del est. = 0.192

Error absoluto medio = 0.12

Estadístico Durbin-Watson = 1.28 (P=0.0024)

Autocorrelación de residuos en retraso 1 = 0.35

La salida muestra los resultados de ajustar un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre materia orgánica y 12 variables independientes. La ecuación del modelo ajustado es:

Materia orgánica = $-1.24 + 0.002 \cdot \text{Azufre} - 0.001 \cdot \text{Calcio} + 0.0002 \cdot \text{Conductividad eléctrica} - 0.546 \cdot \text{densidad aparente} - 0.003 \cdot \text{Fosforo} - 0.0006 \cdot \text{HCO}_3 + 0.135 \cdot \text{Hierro} - 0.00055 \cdot \text{Magnesio} + 0.174 \cdot \text{Nitrógeno} + 0.306 \cdot \text{pH} + 0.007 \cdot \text{Potasio} - 0.0005 \cdot \text{Sodio}$.

Puesto que el valor-P en la tabla ANOVA es menor que 0.05, existe una relación estadísticamente significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95.0 %. El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo así ajustado explica 47.8 % de la variabilidad en materia orgánica.

Los resultados muestran que la zona del valle de Santo Domingo, presenta condiciones favorables para la producción del cultivo de cártamo, sin embargo, se debe poner especial cuidado en el manejo del agua de riego, puesto que su uso inadecuado ha incrementado la salinidad del suelo (CONAGUA-UABCS, 2009; Mercado, 2011), lo cual podría limitar seriamente la producción de este cultivo. Ante ello, la asesoría técnica y la capacitación son dos elementos necesarios para que el productor haga un uso adecuado de los recursos con que cuenta.

Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el cultivo de cártamo se puede desarrollar de manera adecuada debido a que se ve favorecido por las condiciones climáticas que prevalecen en el valle de Santo Domingo. Sin embargo por las bajas precipitaciones en el valle es necesario compensar las necesidades hídricas del cultivo mediante el riego por extracción de agua subterránea. El suelo agrícola ha presentado un grado de deterioro, esto es por las inadecuadas prácticas agrícolas que el productor realiza, es por eso que se deben realizar programas que orienten al productor a una mejor utilización de los recursos. Asimismo, se debe fomentar la incorporación de los residuos de cosecha al suelo, además de la incorporación de composta y/o estiércol, para incrementar el porcentaje de materia orgánica en el suelo, puesto que este elemento presenta valores muy bajos que significan una baja fertilidad del suelo, y así mismo, que permita disminuir el uso de fertilizantes químicos que favorecen también el incremento de la salinidad del suelo e incrementan los costos de producción del cultivo. Se debe también impulsar el uso de técnicas de riego más eficientes que disminuyan el riesgo de incrementar la salinidad del suelo.

Literatura Citada

- Comité Nacional Sistema Producto Oleaginosas. 2011. en: www.oleaginosas.org.mx. Fecha de consulta abril del 2011.
- CONAGUA-UABCS. 2009. Estudio para la Recuperación del Acuífero del Valle de Santo Domingo. Dirección Estatal de la Comisión Nacional del Agua. La Paz, B.C.S. México.
- Evenari, M., Noy, M.I., Goodall, D.W. 1985. Hot deserts and arid shrublands. Tomos 12A y 12B. Elsevier, N.Y. USA.
- Mercado, M.G. Desertificación de cuencas agrícolas en Baja California Sur. Tesis Doctoral. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S.
- Meza, S.R., Reygadas, P.D.D. 2001. Áreas potenciales y tecnología de producción de cultivos en el Valle de Santo Domingo, B.C.S. INIFAP. 15-30, 45-47 pp.
- Rivas, J., Matarazzo, R. 2009. Producción de cártamo consideraciones generales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 19 p.
- Troyo, D.E., Cruz, F.A., Norzagaray, C.M., Beltrán, M.L.F., Murillo, A.B., Beltrán, M.F.A., García, H.J.L., Valdez, C.R.D. 2010. Agotamiento hidro-agrícola a partir de la Revolución Verde: extracción de agua y gestión de la tecnología de riego en Baja California Sur, México. Estudios Sociales XVIII(36): 177-201.

DEGRADACIÓN EDÁFICA Y USO DE SUELO EN LA SUBCUENCA DEL RÍO SAN MARCOS, PUEBLA

Castelán Vega, Rosalía del Carmen¹, Tamariz Flores J. Víctor, Ruiz Careaga Jesús y Marín Castro Marco Antonio

Departamento de Ciencias Agrícolas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla¹

E-mail: crumara@hotmail.com

Resumen

En las últimas décadas se ha hecho notoria la preocupación de la sociedad por los problemas ambientales; la ciencia del suelo no ha sido ajena a esta problemática. Para responder a esta preocupación, la evaluación del suelo se encuentra ante nuevos paradigmas, como es su estudio dentro de una cuenca hidrográfica, considerandola como el escenario idóneo para su planificación, manejo y control. El objetivo fue diagnosticar el grado de erosión de la subcuenca del río San Marcos, así como identificar los factores ambientales que la provocan. Se aplicó la metodología establecida por la FAO (1980). Los resultados muestran que el 94% de la subcuenca presenta evidencia de erosión en diferentes grados; el 8% corresponde a erosión leve, el 25% a moderada, el 27% a muy fuerte y el 34% a erosión fuerte, las principales causas de aceleración del proceso son: el cambio de uso del suelo, la nula aplicación de medidas agroecológicas para evitar los procesos degradativos, el crecimiento demográfico, la falta de una cultura ambientalista y el limitado apoyo institucional en la región. De continuar empleando tecnologías de explotación inadecuadas para regiones con un equilibrio ecológico frágil, en pocas décadas la subcuenca, se convertirá en zona de desastre ecológico.

Palabras clave: *Erosión, Cuenca, Uso de suelo.*

Abstract

In recent decades has become notorious the concern of the society for environmental problems; the science of soil was not alien to this problem. To respond to this concern, the evaluation of soil faces new paradigms, as its study within a watershed, equaled as suitable for their planning, management and control scenario. The objective was to diagnose the extent of erosion of the sub-basin of the San Marcos River, as well as to identify the environmental factors that cause. Applied the methodology established by the FAO (1980). The results show that 94% of the sub-basin presents evidence of erosion in different degrees; 8 percent to slight erosion, 25% to moderate, 27 per cent to very strong and 34% to strong erosion, are the main causes of acceleration of the process: the change of land use, no implementing measures agro to avoid degradative processes, population growth, the lack of an environmental culture and limited institutional support in the region. Continue using exploitation technology unsuitable for regions with a fragile ecological balance, in few decades sub-basin, will it become ecological disaster zone.

Key Words: *Erosion, Watershed and soil use.*

Introducción

En las últimas décadas se ha hecho notoria la preocupación de la sociedad por los agudos problemas ambientales. Ante esta situación, varias disciplinas han evolucionado hacia el estudio de los riesgos, la vulnerabilidad y la fragilidad de los ecosistemas, haciendo hincapié en los procesos de degradación originados por la actividad antrópica. La ciencia del suelo no ha sido ajena a esta problemática, la necesidad de información edáfica se ha vuelto cada vez más importante en términos de la sustentabilidad del manejo de tierras, la salud del ecosistema y de los ciclos biogeoquímicos. Para responder a esta preocupación, la evaluación del recurso suelo y su monitoreo se encuentran ante nuevos paradigmas, como lo es su estudio dentro de una cuenca hidrográfica, considerando a esta como el escenario idóneo para su planificación, manejo y control, aprovechando las relaciones de interacción que existen entre este recurso y el resto de los elementos del ecosistema (Becerra, 1997; González, 1993).

El presente trabajo se encuentra enmarcado dentro de este paradigma, mostrando los resultados obtenidos del diagnóstico de la erosión del suelo en la subcuenca del río San Marcos, la cual se encuentra enclavada dentro de lo que se conoce como Sierra Norte de Puebla (Becerra, 1999).

Materiales y Métodos

La investigación es desarrollada en la subcuenca del río San Marcos; la cual, forma parte de la Cuenca del río Cazonos, se encuentra enmarcada dentro de las coordenadas geográficas de 20° 16' y 20° 27' de Latitud Norte y 97° 38' y 98° 08' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich (INEGI, 2000). El área total de la zona de estudio abarca una superficie de 650 km² (Figura 1).



Figura 1. Localización de la zona de estudio.

Para determinar el grado de erosión de los suelos se realizó una prospección edafológica donde se establecieron puntos de muestreo para el posterior levantamiento de los mismos. La descripción de los perfiles y el entorno se llevó a cabo según la metodología propuesta por Ruiz *et al.* (1999). Posteriormente, se seleccionaron los perfiles más conservados, es decir, aquellos que habían sufrido en menor grado los efectos de la erosión, estos perfiles se denominaron "Perfiles Patrón" y fueron representativos de la zona de estudio. Conociendo en detalle sus características morfológicas, se compararon con cada Perfil de los sitios descritos para identificar las pérdidas sufridas por uno o varios horizontes. Subsecuentemente se pudo diagnosticar la erosión dentro de las siguientes categorías o grados: nula, leve, moderada, fuerte y muy fuerte (FAO, 1980).

Resultados y Discusión

A continuación se muestra la sectorización de la subcuenca según los diferentes grados de erosión que presenta, en el mapa 1 se aprecia la distribución espacial de dicha erosión.

Áreas con erosión nula

La superficie que se puede considerar que no presenta evidencia de erosión acelerada es apenas del 6% del total de la subcuenca; es decir, sólo está pequeña porción mantiene aún el equilibrio entre los procesos erosivos naturales y la edafogénesis del suelo. No obstante, esto no indica que no haya otro tipo de degradación. Estas zonas se encuentran en la parte de menor altitud de la subcuenca, específicamente a las orillas del río San Marcos, por lo que la falta de inclinación del terreno a evitado el arrastre de las partículas del suelo. Sin embargo, esta área se encuentra explotada por cultivo de pastizales para la alimentación de ganado menor y mayor, lo que ha provocado la eliminación de grandes extensiones de bosque de pino-encino, mesófilo de montaña y selva alta perennifolia, llevando a la pérdida de gran cantidad de especies animales y vegetales de la región. Aunada a esta devastadora deforestación se encuentra la compactación que el ganado produce en el suelo, disminuyendo de esta forma, la infiltración de las aguas de lluvia hacia el subsuelo.

Áreas con erosión nula – leve

Estas áreas se caracterizan por presentar un valor de la pendiente de 25%, con relictos de bosque de pino-encino y mesófilo de montaña, por lo que las características originales del ecosistema se han mantenido más o menos constantes. Se aprecian en los alrededores pequeños asentamientos humanos,

responsables de la erosión leve de la zona, ya que han talado árboles para la producción de leña y para el cultivo de pequeñas parcelas de subsistencia; sin embargo, debido a que se realiza de manera controlada y, a que las pérdidas de suelo no rebasan la tonelada por hectárea al año, no representan una amenaza para el ecosistema. La densa vegetación establecida, provista de gran cantidad de sotobosque ha permitido el depósito de una densa capa de hojarasca de aproximadamente 4 cm de espesor que amortigua el impacto de las gotas de lluvia e impide el arrastre de las partículas del suelo por las aguas de escorrentía; la presencia de esta amplia cobertura vegetal en el contorno evita que se manifiesten de forma violenta los factores potenciales de erosión que prevalecen en el área como lo son el relieve accidentado y las pendientes pronunciadas. Los suelos desarrollados bajo este tipo de condiciones se encuentran bien conservados, con más de dos metros de profundidad, mantienen la presencia de sus horizontes superiores casi intacta, con un espesor de los horizontes A y AB de hasta 80 cm, por lo que los suelos de estas áreas con las mejores características edáficas fueron considerados como los Perfiles Patrón. Resulta relevante destacar que las características ecológicas de estas áreas son los que predominaron décadas atrás; sin embargo, actualmente representan menos de un 10% del área de la subcuenca evaluada.

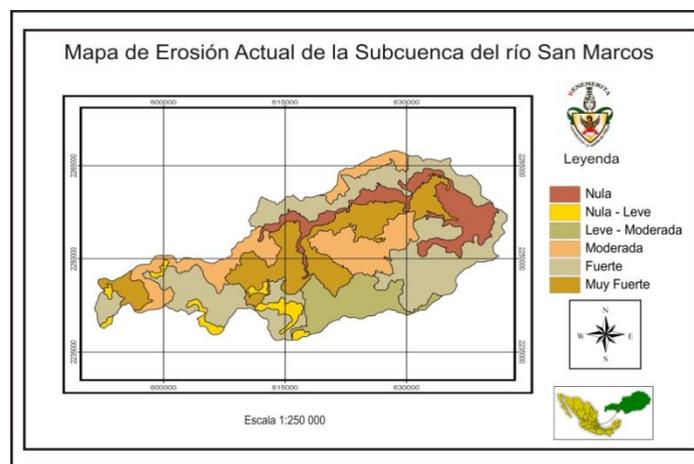


Figura 1. Grado de erosión actual de la subcuenca del río San Marcos, Puebla.

Áreas con erosión leve – moderada

Dentro de características más importantes de estas áreas se encuentran la pendiente, la cual toma valores que fluctúan del 15% al 60%, y el elevado régimen de precipitación que rebasa los 3000 mm anuales, por lo que de sufrir la eliminación de su cubierta vegetal se perdería gran cantidad de la capa fértil por arrastre de las partículas del suelo, incrementando considerablemente la fuerza erosiva de las lluvias y la cantidad de suelo perdido, el cual puede llegar a ser hasta de 78 toneladas por hectárea al año. Dentro de las condiciones actuales de este sector es posible pensar que sufrió una ligera deforestación años atrás para la introducción del cultivo de café, o bien las plantaciones cafetaleras no llevan muchos años de establecidas, a esta afirmación se llega por el estado de conservación de muchos suelos y por la edad de las plantas de cafeto; además, el café es sembrado con sombra del árbol conocido como chalahuite (*Inga sp.*); el cual, protege al suelo del el impacto directo de las gotas de lluvia; además de aportar materia orgánica, mejorar el balance anual de los nutrientes y conservar su fertilidad.

Áreas con erosión moderada

Estas áreas presentan pendientes muy pronunciadas (>20%) el relieve es considerado como montañoso, el régimen de precipitación es de 3000 mm anuales en las partes más altas y de 1800mm en las más bajas; en cuanto al factor de cobertura es una zona que ha en su mayoría ha sido denudada para la introducción de cultivos de temporal como el maíz, el cual es considerado como perjudicial en las áreas de montaña, ya que requiere de la eliminación de la vegetación baja para evitar la competencia y el surcado se realiza a favor de la pendiente, aunado a esto se encuentra la moderada erosividad del suelo, aumentando considerablemente las pérdidas de suelo a 540 t/ha/año; otro tipo de

cobertura que se observa es el pastizal inducido, que presenta buen espesor y rápido crecimiento, no obstante, pese a esta protección las pérdidas de suelo se incrementan hasta casi 100 t/ha/año, debido al relieve montañoso, las altas precipitaciones y el grado de erodabilidad; finalmente, se aprecian pequeñas zonas dedicadas al cultivo de cafeto, este último se encuentra bajo buenas condiciones de manejo como son árboles de sombra y algunas gramíneas de cobertura que amortiguan el impacto de las precipitaciones, aunado a esto se encuentra la alta resistencia del suelo a ser erosionado.

Áreas con erosión fuerte – moderada

La degradación de estas áreas se debe en gran medida a un aumento en la densidad poblacional de la región, la cual ejerció una enorme presión sobre los recursos naturales e impidió la facultad de regeneración natural del sistema, durante décadas se realizó la tala extrema de los árboles eliminando la cobertura boscosa que proveía protección al suelo, siendo esta la causa de la erosión moderada del contorno, posteriormente se inició la explotación agrícola de la zona, introduciendo cultivo de café con sombra y buena cantidad de pasto, evitando que la inclinación de la pendiente (20%-30%) se exprese como factor de riesgo erosivo. Las zonas de menor altitud del contorno se han dedicado a la ganadería, por lo se han cultivado algunos pastizales. Ambas acciones han permitido que los suelos encontrados en esta zona se vayan recuperando a partir del horizonte B, de tal manera que en la actualidad existen perfiles que muestran una profundidad de sus horizontes A + AB con 30 cm de profundidad.

Áreas con erosión fuerte, fuerte – muy fuerte, muy fuerte

Debido a que estos sectores presentan características muy similares de uso y manejo del recurso suelo, motivo que ha originado estos alarmantes grados de erosión, se discutirán de manera conjunta. Dentro de los principales factores que determinan la vocación forestal de esta zona se encuentra la presencia de laderas alargadas con una inclinación que llega a ser superior al 60%, además de la presencia de un alto régimen pluvial que bajo condiciones de deforestación se considera como un factor potencial de alto riesgo de erosión. Sin embargo, a pesar de esta condición montañosa se ha realizado un drástico cambio de uso de suelo en el sector en donde las condiciones de degradación han empezado con la paulatina desaparición de los bosques rompiendo el equilibrio frágilmente establecido durante siglos, y, que dadas sus características, bajo la presencia de vegetación en niveles insuficientes, se da lugar a superficies de suelo susceptibles a la acción directa de las aguas, ya que un suelo desprotegido recibe el impacto directo de las gotas de lluvia de alta energía cinética; además de que se elimina la red de raíces y la capa de restos vegetales que impiden el arrastre de las partículas del suelo por la escorrentía. La eliminación de esta cobertura vegetal fue con el objeto de explotar las tierras con la introducción de cafetos los cuales fueron sembrados con sistemas agrícolas no aptos para zonas de ladera, lo que evidencia el atraso tecnológico de los campesinos, ya que se aplican los mismos conceptos de siembra y labores que en las regiones llanas, donde no existe peligro de erosión y no es necesario tomar medidas para proteger al suelo; está muy extendido entre los agricultores el método de roza-tumba-quema, el cual ocasiona en pocos años una severa mineralización de la materia orgánica que sumados a las elevadas precipitaciones y las fuertes pendientes se desencadenan severos procesos de destrucción de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo por la erosión hídrica. Las cosechas comienzan a declinar y el agricultor abandona dicho sector para utilizar tierras en barbecho o realizar nuevas deforestaciones; en otras ocasiones ya no se brinda el periodo de descanso, por el contrario se siguen explotando las tierras de manera irracional hasta ocasionar la total degradación del recurso, por lo que en la actualidad los suelos han perdido total o parcialmente su horizonte A. No obstante, las zonas ubicadas dentro del municipio de Xicotepic, en donde las lluvias alcanzan los 3000 mm anuales, la resistencia de los suelos a la erosión a quedado minimizada por la intensa deforestación y explotación de los suelos, de tal manera que suelo que en alguna época presentaban profundidades mayores a los dos metros, con horizonte A y AB de 60 cm de espesor, con alta fertilidad y cubierto por una densa capa de restos vegetales, producto de las condiciones boscosas que existían, hoy en día han perdido hasta un metro de profundidad, el cual correspondía a los horizontes A, AB, y parte del B, esto como producto del mal manejo, ya que se introdujeron cafetos sin medidas de protección, práctica que aún se lleva a cabo. En algunas zonas de este contorno se han establecido bosques secundarios que están ayudando a la paulatina recuperación del suelo, ya que se han

abandonado debido al bajo precio del café, por lo que los agricultores buscaron otras formas de obtener ingresos, las áreas más desafortunadas, se han dedicado a la ganadería.

Finalmente, los resultados obtenidos muestran que el 94% de la subcuenca presenta evidencia de erosión en diferentes grados (Figura 2). El 7.5% corresponde a erosión leve, el 24.7% a moderada, el 26.6% a Muy Fuerte y el 35.2% a erosión Fuerte (Figura 1).

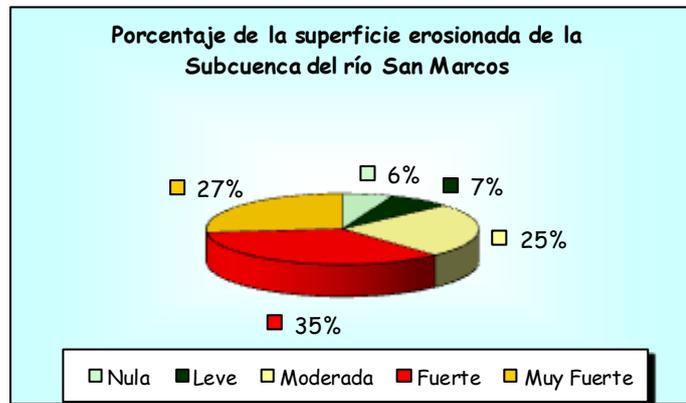


Figura 2. Porcentaje de la superficie erosionada de la subcuenca del Río San Marcos.

Conclusiones

Basados en la información reportada se pueden presentar las siguientes conclusiones:

- El 94% de la subcuenca presenta evidencia de erosión en diferentes grados. El 7.5% corresponde a erosión leve, el 24.7% a moderada, el 26.6% a muy Fuerte y el 35.2% a erosión fuerte.
- La erosión acelerada de los suelos en la zona de estudio, es el resultado de una falta de estrategias en el manejo y explotación de las zonas montañosas; ha existido y aún existe un abandono marcado que atenta contra el desarrollo de estas regiones, muy a pesar que en un futuro no lejano, las consecuencias de este abandono, nos afecten a todos por igual.
- De continuar empleando tecnologías de explotación inadecuadas para regiones donde existe un equilibrio ecológico frágil, en pocas décadas la subcuenca del río San Marcos, se convertirá en zona de desastre ecológico.

Literatura Citada

- Becerra, M. A. 1997. Erosión de Suelos. Ed. Depto. de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 110 pp.
- Becerra, M. A. 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 376 pp.
- FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma.
- González, P. J. L. 1993. Guía metodológica para el estudio integral de cuencas hidrográficas con proyección de manejo. Universidad de La Habana, Cuba. 44 pp.
- INEGI. 2000. Síntesis Geográfica del estado de Puebla y anexo cartográfico. Libro electrónico. México.
- Ruiz, C. J., E. Calderón, V. Tamariz, Tremols, G. J., Cruz, M. A., Valera, P. M. A. Handal, S. A. 1999. Manual para la descripción de perfiles de suelos y evaluación del entorno. Textos BUAP. Puebla, México. 62 pp.

EVALUACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL EJIDO DE TOPILEJO PARRES TLALPAN, D. F.

Tarín R. Jesús Manuel¹, Borroto P. Matilde², Gilberto V. Correa¹, Reyna R. Cristian²,
Perea C. R. A¹.

¹Departamento de Producción Agrícola y Animal de la UAM-X. jesmantar1@yahoo.com.mx.

²Programa de Superación Académica. UAM-X.

Resumen

La erosión es la manifestación más significativa de la degradación de los suelos y pérdida de su capacidad productiva a nivel internacional como nacional. En México, el fenómeno de la erosión tiene un carácter antrópico y ocurre por prácticas inadecuadas de manejo: Cambio en uso de la tierra, monocultivo, sobrepastoreo y deforestación. Ortiz (2003), señala que el 45.1 de la superficie total en México, presenta una degradación causada por el hombre. De esta el 20.8% es causada por la erosión. El objetivo del trabajo fue evaluar la erosión hídrica del suelo a través de dos metodologías: Método directo; colocación de clavos y Método indirecto; Ecuación Universal de Pérdidas del suelo (EUPS), adaptada a México por Martínez Menez. Se delimitaron 2 parcelas de 1.5 ha. y de 2.5 ha. Se determinó porcentaje y dirección de la pendiente. La erosión hídrica observada de manera directa por un periodo de 5 semanas (17 de junio al 15 de julio), fue de 15.7 ton/ha., en la parcela 1 y 250.2 ton/ha. en la parcela 2. Mientras que La erosión potencial hídrica estimada fue de 19.19 ton/ha/año y 234.1 ton/ha/año, para las parcelas 1 y 2 respectivamente. El proceso erosivo observado en campo resultó ser superior al estimado, si consideramos que el primero fue evaluado para 5 semanas y el segundo consideró un año.

Palabras clave: Ecuación universal de la pérdida del suelo, estimación de la erosión hídrica.

Abstract

Erosion is the most significant manifestation of soil degradation and loss of its production capacity at international and national levels. In Mexico, the phenomenon of erosion has an anthropic character and occurs by inadequate management practices: deforestation, overgrazing, monoculture, the land use change. Ortiz (2003), points out that the 45.1 of the total surface of Mexico, presents a degradation caused by man. This the 20.8% is caused by erosion. The objective of the work was to assess water erosion of the soil through two methods: direct method; placement of nails and indirect method; Universal equation of loss of soil (EUPS), adapted to Mexico by Martínez Menez. Identified 2 plots of 1.5 has. and 2.5. Determined percentage and direction of the slope. Water erosion observed directly for a period of 5 weeks (June 17 to July 15) was 15.7 ton / ha., in plot 1 250.2 ton / has. lot 2. While the estimated water potential erosion was 19.19 ton/has/year and 234.1 ton/has/year, for fields 1 and 2 respectively. The erosive process observed in field turned out to be higher than the estimate, if we consider that the first was evaluated for 5 weeks and the second considered a year.

Key words: Universal soil loss equation, estimation of water erosion.

Introducción

La erosión es uno de los problemas ambientales que más debiera preocupar a los científicos, gobernantes y ciudadanos del mundo en general y México en particular. Sus consecuencias son catastróficas y buena prueba de ello es el crecimiento de los desiertos. La erosión una vez que alcanzado el punto culminante de su evolución es prácticamente irreversible a escala humana. Conseguir que un desierto vuelva a ser suelo fértil, es una tarea de siglos o milenios. La erosión adelgaza el horizonte superficial del suelo y arrastra los sedimentos a las partes más bajas, provocando pérdidas en el contenido de materia orgánica, nutrimentos, deterioro de las propiedades físicas y disminución de la capacidad productiva del suelo. Las causas de la erosión del suelo es el uso y manejo inapropiado de los agroecosistemas que en términos generales, comprenden la explotación destructiva de los bosques, el sobrepastoreo y la labranza el uso agrícola en el sentido de la pendiente, Hudson (1983); Programa de Superación Académica (2005). Para evaluar la pérdida del suelo se han desarrollado diversas metodologías: 1) Métodos directos: Cuantificación por salpicadura, establecimiento de cadenas representativas entre dos puntos, colocación de estacas en secciones

transversales en cárcavas, colocación de lotes de escurrimiento, observación y medición de la pérdida de los horizontes y colocación de clavos con rondanas, Anaya et al (1988); Porta et al (2003) y 2) Métodos indirectos predictivo: Ecuación universal de las pérdidas del suelo: EUPS-Wischmeier y Smith, (1965). La evaluación de la erosión, se realizó mediante la colocación georreferenciada de clavos de longitud de 25 cm, distribuidos en una superficie de 4 ha, subdividida a su vez en 2 parcelas: Parcela 1 de 1.5 ha y parcela 2 de 2.5 ha. Se realizaron lecturas semanales para evaluar las pérdidas del suelo del 17 de junio al 15 de julio. El método Wischmeier se aplicó con base a la metodología simplificada y adecuada para utilizarse en nuestro país por Martínez Menez (2005). La metodología establece la estimación de la erosión potencial y la erosión actual. La primera es el resultado aritmético de la fuerza cinética de la precipitación en la estructura del suelo, de la resistencia del material edáfico a ser erosionado, tamaño y forma de la parcela evaluada y grado porcentual de la pendiente: $E = (R \times K \times LS)$. La segunda establece prácticas de manejo de cobertura (C) y de conservación (P) que atenúe el proceso erosivo. Estas dos variables toman valores de 0 a 1, dependiendo de la eficiencia del tipo de práctica establecida. $E = (R \times K \times LS \times C \times P)$. El objetivo de la investigación es evaluar el proceso de degradación de suelo por efecto de la erosión hídrica y establecer adecuadas prácticas de manejo que permitan atenuar, conservar y recuperar el suelo de la zona de estudio, manteniéndolo por debajo de la tasa mínima erosiva de 10 ton/ha por año.

Materiales y Métodos

La zona de estudio, se localiza en el Ejido de Topilejo, comunidad de Parres, Delegación Tlalpan D.F., entre las coordenadas $19^{\circ} 36' 32.25''$ Lat. N y $99^{\circ} 6' 8.20''$ Long. W a una altitud de 3142 msnm. Fig. 1. La parcela colinda al Norte con el volcán Oyameyo, al Sur con el volcán Cuespalapa, al Oeste con el volcán Pelón y al Este con el volcán Ocopiaco, INEGI (1997). La vegetación natural son especies de pino, encinos y abetos, son suelos con una estructura de débil consistencia, suelta y sujetos a fácil respuesta a los procesos de erosión. Presenta un clima sub-húmedo, semifrío, temperatura media anual entre 5° y 12° °C. La precipitación media anual es de 1164.2 mm., el 76% de ella se manifiesta de junio a septiembre. Fig. 1 y 2.



Figura. 1. Vocación natural de la zona (Vegetación pino-encino)



Figura. 2. Localización de la zona

Se delimitó una superficie de 4 hectáreas la cual se dividió en dos sub-parcelas: Parcela 1 (1.5 ha., y 4% de pendiente media) y parcela 2 (2.5 ha., y 8.5 % de pendiente media). Se tomaron al azar 9 muestras georeferenciadas de suelos a 30 cm, de profundidad se les determinó: Da, Textura, MO, cationes intercambiables, K, N-NO₃ y fósforo disponible. La erosión se evaluó con dos metodologías: Método directo e indirecto. En el primero se distribuyeron aleatoria y georreferenciadamente 32 clavos de 25 cm, de longitud (17 para la parcela 1 y 15 para la parcela 2), con dobleces de 5 cm, en ángulo de 90° en uno de sus extremos, colocándoles una marca que sirviera de referencia para evaluar el espesor del suelo perdido. Las mediciones se realizaron durante 5 fines de semana: Del 17 de junio al 15 de julio del año en curso. Fig. 3 y 4. Para el método indirecto se utilizó la Ecuación Universal de las Pérdidas de Suelos de Wischmeier & Smith, (1965), modificada y adaptada a las condiciones de México por Martínez Menez, (2005). Se determinó la erosión potencial y la erosión actual.

La primera se estimó con base a la multiplicación del efecto de la precipitación en la disgregación y arrastre de las partículas del suelo (factor R), la erodabilidad o susceptibilidad del suelo a ser erosionado (Factor K) y el tamaño, la forma y porcentaje de la pendiente de la parcela (Factor LS). La erosión actual, se estimó con base a las prácticas de manejo de cobertura (Factor C) y de conservación (Factor P) que atenúan el proceso erosivo. Estas dos variables toman valores de 0 a 1, dependiendo de la eficiencia del tipo de práctica establecida. $E = (R \times K \times LS \times C \times P)$.

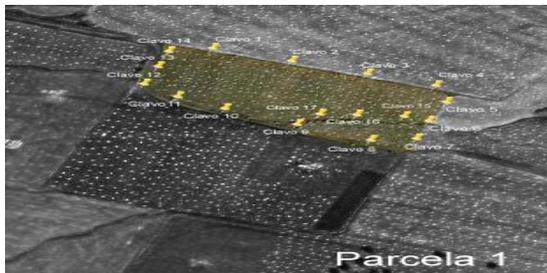


Figura 3. Distribución de clavos. Parcela 1

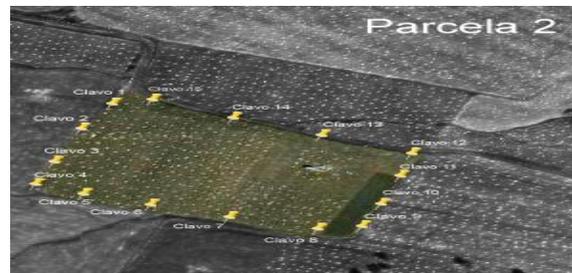


Figura 4. Distribución de clavos. Parcela 2

Estimación de los factores de la erosión. Erosión potencial Factor R. Se estimó utilizando la precipitación media anual del área de estudio y la región a la que corresponde, utilizando la regionalización del país. En este caso, el Ejido de Topilejo se localiza en la Región XIV, cuya ecuación matemática con un R^2 de 0.95 que predice el efecto erosivo es la siguiente:

$$R = 1.5005 (p) + 0.002640 (p^2)$$

Donde:

R = Índice de erosividad de la lluvia Mj/ha mm/hr

p = Precipitación media anual (mm)

Factor K. Se estimó con base a la textura y el contenido porcentual de la materia orgánica del suelo.

Factor LS. La pendiente se calculó con la expresión:

$$S = [(H1-H2)/D] \times 100$$

Donde:

S = Porcentaje de la pendiente (%)

H1= altura de la parte alta del terreno (m)

H2= altura de la parte baja del terreno (m)

D= distancia o longitud de la parcela (m)

Para obtener el valor combinado de (LS), se utilizó la ecuación siguiente

$$LS = (\lambda)^m (0.0138 + (0.00965(S) + 0.00138(S^2)))$$

Donde:

λ = Longitud del área de estudio (m)

S = Pendiente porcentual del área de estudio (%)

m = Exponente que toma valores de acuerdo al porcentaje de la pendiente del área de estudio:

Porcentaje (%)	Valor del exponente (m)
≥ 5.0	0.5
5 – 3	0.4
3 – 1	0.3
< 1	0.2

La multiplicación aritmética de los factores, definió la erosión potencial $E = R \times K \times LS$ y los resultados se clasificaron de acuerdo a la siguiente escala:

Erosión (ton/ha/año)	Clasificación
< 10	Ligero
10-50	Moderado
50-200	Fuerte
200-500	Muy fuerte
>500	Extremadamente fuerte

Erosión actual. Factor (c). Consiste en establecer prácticas de cobertura para la protección del suelo. Existen diversas prácticas y se seleccionan de acuerdo a la cultura del productor, característica edáfica y climática de la zona del estudio y nivel de productividad. La parcela bajo estudio, se cultiva generalmente, con un nivel de productividad de bajo a moderado.

Factor (P). Comprende diversas prácticas mecánicas de conservación.

Resultados y Discusión

Los suelos del área de estudio en promedio son de baja densidad, ácidos y fuertemente ácidos, alto contenido de materia orgánica, bajos en fósforo disponible, altos en potasio y de moderado a altos contenidos de nitrógeno. Predominó la textura arena migajosa en la parcela 1 y migajón arenosa en la parcela 2. Cuadro 1.

La erosión calculada a través del método directo fue de 15.7 ton/ha y de 250.2 ton/ha., para las parcelas 1 y 2 respectivamente. Mientras que la erosión potencial, estimada por el método de Wischmeier adaptado por Martínez Menez fue de 19.19 ton/ha/año y 234.1 ton/ha/año, que la clasifica como una erosión moderada para la parcela 1 y muy fuerte para la parcela 2 en ambos métodos. Cuadros 2.

Cuadro 1. Características físico-químicas

Nº de Parcela	Muestras	Textura	D.a. (g/cm ³)	pH	MO %	K (ppm)	N-NO ₃ (ppm)	P (ppm)
P1	1	Ac	0.99	5.4	5.54	1.02	14.69	1.38
	2	Ca	0.95	4.94	0.06	0.87	27.53	1.22
	3	Ac	1.00	5.23	0.05	1.02	46.51	2.03
	4	Ca	1.00	4.76	0.05	0.61	62.12	2.52
	5	Ac	1.00	4.8	0.05	1.17	24.24	0.81
Sub Promedio P1			0.96	5	5.06	0.9	33.20	1.5
P2	6	Ca	0.98	5.13	0.06	0.87	42.16	0.4
	7	Ac	0.95	5.33	0.04	0.76	3.82	1.13
	8	Ca	1.00	5.2	0.04	0.82	103.30	1.38
	9	Ca	1.00	5.21	5.60	0.76	121.42	1.05
Sub Promedio P2			0.98	5.20	4.90	0.75	64.5	0.95
Promedio			0.98	5.11	5.63	0.87	45.54	1.37

Conclusiones

En la presente investigación se evaluó la degradación de las tierras del ejido de Topilejo en Parres Tlalpan, por efecto de la erosión hídrica. Los resultados indicaron que para superficies pequeñas localizadas, el método de Wischmeier adaptado para México, con relación al método de campo, en esta zona subestimó el proceso de la erosión hídrica.

Si se considera la implementación de un programa de rotación de cultivos: Avena y/o Rye Grass, maíz, chícharo, incorporando al menos un tercio de los rastrojos de avena, pasto y maíz (Factor C ponderado de 0.053) y estableciendo un sistema de labranza de curvas a nivel (bordos protegidos), con surcos en contorno para cultivos en hileras, (Factor P = 0.83), la erosión actual por efecto de la lluvia será de menos de 1 ton/ha/año, para la parcela 1 y de 10.3 ton/ha/año para la parcela 2 valor muy cercano a la tasa mínima erosiva de 10 ton/ha/año.

Cuadro 2. Espesor del suelo perdido Parcela 1 y 2 en cm

N° de Clavo	Lectura de pérdida de suelo en cm (P1)						Lectura de pérdida de suelo en cm (P2)					
	1	2	3	4	5	Total	1	2	3	4	5	Total
	17-Jun	24-Jun	01-Jul	08-Jul	15-Jul		17-Jun	24-Jun	01-Jul	08-Jul	15-Jul	
1	0.00	0.00	0.10	0.00	0.20	0.30	0.00	0.00	0.10	0.10	0.10	0.30
2	0.00	0.00	0.20	0.10	0.40	0.70	0.00	0.00	0.10	0.00	0.16	0.26
3	0.00	0.00	0.00	0.10	10.00	0.20	0.00	0.10	0.15	0.00	0.00	0.30
4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	5.00	2.00	10.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	4.00	3.00	3.00	12.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	4.00	1.00	3.00	10.00
8	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	1.00	1.00	0.50	2.50
9	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	0.00	0.00	0.15	0.00	0.20	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.08	0.00	0.20	0.10
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.40	0.30	1.00
14	0.00	0.00	0.20	0.00	0.60	0.80	0.00	0.50	1.50	2.00	3.00	3.00
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.00	0.40	1.00
16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16						
Promedio Semanal	0.00	0.00	0.04	0.03	0.09	0.16	0.00	0.50	0.75	0.74	0.70	2.69

Literatura citada

- Anaya, M., M. Martínez, T. Alejandro y B. Figueroa. 1988. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Colegio de Posgraduados. UACH. Chapingo, México.
- Hudson, N. M. 1971. Soil Conservation. Cornell University Press, Ithaca, New York.
- INEGI 1997. Cuadernos Estadísticos. Delegación Tlalpan D. F. México.
- Martínez, M. 2005. Estimación de la Erosión del Suelo. SAGARPA-INCA Rural- CP. México.
- Programa de Superación Académica. Inédito 2005. Evaluación del Impacto de la Desertificación (Erosión Eólica e Hídrica) en la Producción Agrícola de la Avena en las Laderas del Volcán Ocopixaco, Ejido de Topilejo. UAM-X. México.
- Porta, J., M. López y C. Roquero. 2003. Edafología Para la Agricultura y El Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1965. Soil loss estimation as a tool in soil and water management planning. Int. Assoc. Hydrol. Phl. 59:148-159.

ESTUDIO MULTIESCALA DE LA EROSIÓN DE SUELOS EN LA CUENCA DE COINTZIO, MICHOACÁN

Christian Prat¹, Lenin E. Medina-Orozco², Teodoro Carlón³, Manuel Mendoza², Jorge Etchevers⁴, Eduardo Ríos Patrón⁵, María Alcalá de Jesús², Miguel Bravo-Espinosa⁶, Nicolas Gratiot¹, J. Nemery⁷.

¹IRD, Francia., ²Facultad de Biología, UMSNH, Morelia, Mich., ³CIGA-UNAM, Morelia, Mich., ⁴Colpos, Montecillos, Edomex., ⁵SEMARNAT, Del. Mich., Morelia. ⁶INIFAP Campo experimental Uruapan.; ⁷INPG-LTHE, Grenoble, Francia.

christian.prat@ird.fr

Resumen

La cuenca de Cointzio es representativa de la degradación de los suelos que se presenta en el centro de México. El sistema de manejo agrícola regional es el de "año y vez" consistente en cultivar un año, seguido de uno de pastoreo extensivo. Esta cuenca vierte sus escurrimientos a la presa de Cointzio, cuya agua es destinada para consumo de la ciudad de Morelia y cultivos de riego. Las consecuencias de la degradación de la cuenca favorecieron que programas de investigación se presentaran desde hace 10 años, con el fin de entender las causas de esta situación y proponer alternativas de mitigación. El programa DESIRE: *Desertification mitigation and remediation land- A global approach for local solutions (UE6, Integrated project)*, asoció trabajos sociales con los productores, las administraciones y la comunidad científica con mediciones de campo. Se presenta la metodología multiescala que parte de trabajos a nivel del perfil de suelos (de centímetros a metros), a parcela campesina (centenares de m²), a subcuencas (varios km²) hasta englobar la cuenca entera (650 km²). Para cada escala corresponde un tipo de proceso característico, por lo tanto, parámetros y escala de tiempo fueron medidos de forma diferente. Se presenta una síntesis de resultados obtenidos en mediciones de campo, relacionado con los procesos de la degradación de los resultados de los trabajos a lo largo de estos años que permitieron obtener datos confiables utilizados para proponer alternativas realistas para los campesinos de la zona así como para las administraciones y autoridades de la zona. Se deja para otra oportunidad, el trabajo social que hace la especificidad de este programa, así como su éxito.

Palabras clave: *Cuenca de Cointzio, erosión, Andosoles, Acrisoles, multi-escala, edafología, hidrología*

Abstract

The basin of Cointzio is representative of the degradation of the degradation presented in the center of Mexico. Farmers use a traditional short-fallow production system, with this system land is sown one year and left without cultivation one for grazing. This basin pours its flow to the dam of Cointzio whose water is used for drinking water of the of Morelia and watering cultivations. The consequences of the degradation of the basin favored that you program of investigation they were presented for 10 years, with the purpose of to understand the causes of this situation and to propose alternative of mitigation. The program DESIRE: *Desertification mitigation and remediation land- A global approach for local solutions (UE6, Integrated project)*, it associated social works with the producers, the administrations and the scientific community with field mensurations. The methodology multiescala is presented that leaves from works to level of the soil profile (of centimeters to meters), to parcel peasant (hundreds of m²), to subbasins (several km²) until including the whole basin (650 km²). For each scale it corresponds a type of characteristic process, therefore, parameters and scale of time were measured in a different way. A synthesis of results is presented obtained in field mensurations, related with the processes of the degradation, the results of the works along these years that allowed to obtain reliable data used to propose realistic alternatives for the peasants of the area as well as for the administrations and authorities of the area. It is left for another opportunity, the social work that makes the specificity of this program, as well as their success.

Introducción

El programa europeo de investigación DESIRE : *Desertification mitigation and remediation land- A global approach for local solutions (UE6, Integrated project, Contract N° 037046) (2007-2012)*, fue precedido por otros programas : REVOLSO (*Alternative agriculture for a sustainable rehabilitation of*

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

deteriorated volcanic soils in Mexico and Chile. Contrat UE/U.J.L. Giessen : ICA4-CT-2001-10052), Programa ANR-IRD, (2007-2010) —Sediment TRAnsport and Erosion Across MountainS" (STREAMS), SEMARNAT-CONACYT 2004-2007 Degradación y restauración de suelos con enfoques participativos en la Cuenca de Cointzio, Michoacán (Contrato SEMARNAT-2004-01-304). Los datos presentados en el presente documento son algunos de los resultados obtenidos a lo largo de estos programas de investigación.

El programa DESIRE es un consorcio que reagrupa a 26 equipos de 19 países. 16 sitios de experimentación fueron seleccionados en distintos lugares del mundo, de los cuales, la Cuenca de Cointzio en México y la región de Cauquenes en Chile son los dos sitios en América. El **primer objetivo** de DESIRE es estudiar los procesos de degradación y desertificación de una manera integral, para relacionar las causas a los efectos y dar así bases científicas a las medidas de conservación que se propondrán. Para esto, se construyó un sistema de información armonizado, que comprende todos los datos científicos y socio-económicos importantes, relacionados a la degradación y desertificación de los países participantes, así como modelos y herramientas de evaluación disponibles. El **segundo objetivo** es mejorar la definición de indicadores pertinentes relacionados a la evaluación cualitativa y cuantitativa del grado de degradación y desertificación de las áreas estudiadas. El **tercer objetivo** de DESIRE es asesorar y desarrollar medidas de conservación vía técnicas participativas con los grupos de productores. Esto permitirá que las recomendaciones sean prácticas, aceptables y al alcance de los productores para quienes se desarrollaron dichas propuestas, elaboradas en base a conocimientos científicos sólidos. El **cuarto objetivo** de DESIRE es evaluar las medidas de control y rehabilitación a una escala más amplia que la escala local, usando una serie de modelos espaciales y de geoinformación (PESERA y DESMICE) que permiten la evaluación de efectos, tanto en el sitio como fuera de él y a distintas escalas. Estos modelos deben ser capaces de estimar la efectividad de medidas de conservación de acuerdo a los posibles cambios climáticos y de uso del suelo. El **quinto objetivo** de DESIRE es difundir los resultados, líneas de recomendaciones, y herramientas de decisiones en formatos adecuados para los usuarios, dando una atención especial a este aspecto, y considerándolos desde el principio y durante todo el transcurso del proyecto.

El programa se puede consultar en su sitio web: www.desire-project.eu



Figura 1. Sitios de experimentación del Programa DESIRE alrededor del mundo.

Materiales y Métodos

La cuenca de Cointzio (650 km²) es representativa de la degradación de los suelos que ocurre en el centro de México, sus usos se distribuyen en la cuenca de acuerdo con los suelos, la geomorfología y la altitud: Luvisoles con agricultura altamente mecanizada e irrigados sobre zonas planas; Acrisoles con agricultura de supervivencia con moderada a baja mecanización en piedemonte, y Andosoles y Cambisoles cubiertos principalmente de bosque sobre los ± 2300 m. Desde 2007, plantaciones de aguacate con sistema de riego por goteo han sido establecidos y en franca expansión sobre Andosoles. Esta cuenca funciona como captadora de escurrimientos para la presa de Cointzio, cuyas aguas sirven para el consumo de la ciudad de Morelia y su distrito de riego. El clima regional es C(w1)(w)(i') g, siendo de tipo templado sub húmedo, con lluvias en verano entre de 800 a 1000 mm que sobrepasan los 540 mm y baja precipitación invernal (11.1 mm). La evapotranspiración anual es de 774 mm. El origen geológico de la cuenca es volcánico, correspondiente al cenozoico superior y medio, formada

por rocas emitidas a través de un gran número de aparatos volcánicos. El 92% de la superficie de la cuenca se encuentra sobre tobas, ignimbritas, depósitos lacustres arcillo-limosos y derrames de basalto y andesita. Los tipos de drenaje presentes en la cuenca corresponden a paralelo, asimétrico dendrítico y radial. Los suelos se distribuyen de las zonas altas a las partes bajas de la siguiente manera: Andosoles-Cambisoles, Acrisoles y Luvisoles. La agricultura se caracteriza por ser de bajos insumos agrícolas con sistema de "año y vez", consistente en cultivar un año y dejar descansar de uno a tres años, e introduciendo animales para el pastoreo. El régimen de tenencia de la tierra es la pequeña propiedad y el ejido.

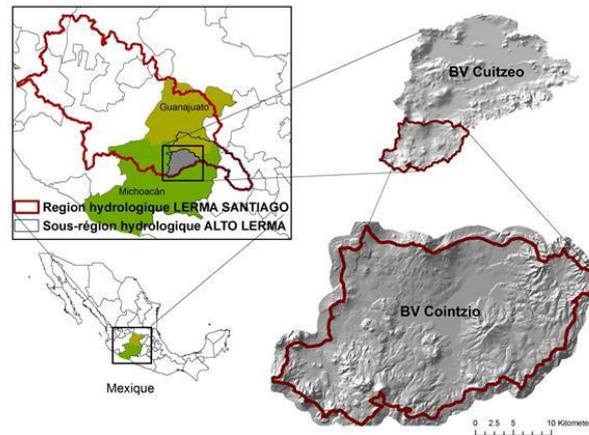


Figura 2. Cuenca de Cointzio Michoacán, México.

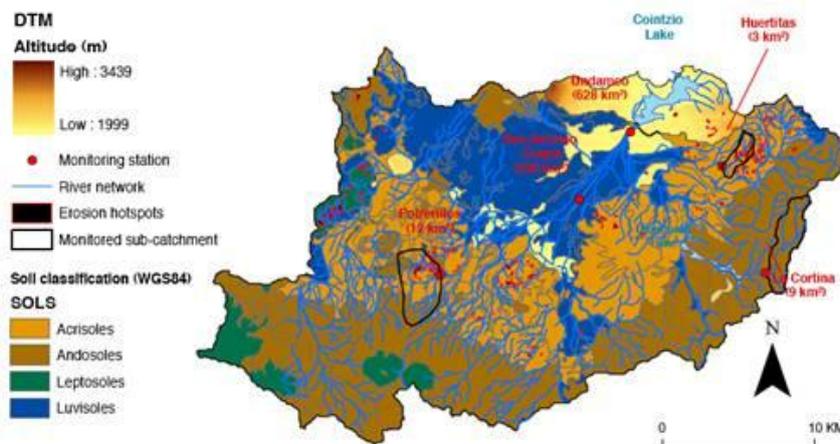


Figura 3. Sitios de estudio multiescala y principales atributos de la cuenca de Cointzio.

Dos escalas fueron utilizadas para dos tipos de experimentación:

Escala de parcela de productor para ensayos de propuestas agronómicas (2004-2008)

Escala de Cuenca para experimentos y evaluación del manejo y uso del suelo (Desde 2007)

Estos experimentos son conducidos de acuerdo con el tipo de suelo (Andosol-Cambisol, Acrisol), uso del suelo (Agricultura, Bosque, Pastizal) con enfoque en los pequeños productores, con baja y moderada mecanización, usualmente sin irrigación, de bajos ingresos económicos y bajo nivel de escolaridad.

Los datos son colectados en campo en periodos de tiempo largos y se sistematizaron.

ser cultivados sobre Andosoles. El maíz asociado con otros cultivos puede ser realizado en Acrisoles y Luvisoles.

La erosión del suelo varía entre 1 a 5 t ha⁻¹ año⁻¹ dependiendo del sistema de agricultura. Los suelos responden positivamente a prácticas conservacionistas; a mayor protección del suelo menor pérdida de suelo.

El escurrimiento en parcelas es extremadamente alto durante el descanso del suelo (mayor 80%) y causa erosión severa en cárcavas pendiente abajo. Esto es asociado a la compactación del suelo por animales. Para cultivos con o sin arado, es necesario dejar residuos de cosecha de al menos 30 % sobre la superficie para reducir el escurrimiento en un 10 %. Es esencial limitar el número de animales para pastoreo.

Resultados a nivel de cuencas.

Cuadro 3. Principales resultados obtenidos en experimentación en cuencas.

Cuenca	Huertitas	Cortina	Potrerrillos	Rio Grande (entrada a la presa Cointzio)
Dimensiones (km ²)	3	9	12	630
Suelo (dominante)	Acrisol	Andosol	Acrisol	Acri-Ando- Cambi-Luvisol
Uso del suelo	Arbustivo/ agrícola/ Erosionado	Forestal/ Agrícola	Arbustivo/ agrícola/ Erosionado	Todos los anteriores
Régimen de agua anual del cauce	Seco de diciembre a junio	Permanente con bajo nivel de dic. a julio	Seco durante todo el año	Permanente con bajo nivel de dic. a julio
Régimen del agua durante los eventos de lluvia	Crecidas (±2h), constantes en semanas lluviosas	Crecidas (±3h) solamente en eventos fuertes	Crecidas (±4h) solamente en eventos fuertes	Crecidas (>8h) solamente en eventos fuertes
Flujo mín/promedio/máx (m ³ .s ⁻¹)	0 / 0.03 / 10	0.05 / 0.3 / 6	0 / 0.02 / 5	0.16 / 1.4 / 22
Sedimentos mín/máx (t Instante(g. L ⁻¹) 1)	0 / 2 500 55	0 / 400 8	0/4 500 125	500/30 000 40

Resultados del uso del suelo y prácticas de conservación

Las principales causas de la degradación de las tierras es la presencia del ganado extensivo. Es necesario el control de animales y de estrategias para reducir el sobrepastoreo e implementación de cultivos forrajeros con la participación y convencimiento de la situación a los agricultores.

El desarrollo incipiente de plantación de huertos de aguacate genera problemas, principalmente para el suelo durante la plantación de los árboles (remoción de la cobertura vegetal en áreas de pendiente dejando el suelo descubierto), con introducción de riego por goteo, siendo este recurso la principal limitante del cultivo. La incidencia de granizadas y de heladas, puede demeritar la calidad del producto y favorecer la incidencia de enfermedades.

Gracias a la participación en talleres con los productores, otras actividades como el cultivo de agave bajo árboles se inició para su evaluación con propósitos económicos (mezcal, frutas, forrajes), así como para la rehabilitación y control de la erosión en áreas frágiles. Acorde con los resultados en campo, la participación en talleres con los productores y con autoridades locales y gubernamentales, se implementaron:

Acciones sobre suelos degradados: 1/Control del escurrimiento (Presas en cárcavas, revegetación de taludes de cárcavas, drenaje de caminos rústicos) 2/Restauración de suelos (Agroforestería con Agave; Reforestación)

Acciones para prevenir la degradación del suelo: 1/Protección de áreas de pastoreo 2/ Mejoramiento de la agricultura (labranza mínima, avena para forraje)

Proyectos productivos 1/Mejoramiento del ganado en lugar de cantidad 2/ uso del Agave local para producción de mezcal.

Concurrencia de diversos actores: Instituciones de investigación, educación, formación de recursos humanos (tesistas, estudiantes), productores, instancias gubernamentales, fue posible gracias al proyecto DESIRE.

USO DE UN SIG PARA GENERAR UN MAPA DE EROSIÓN POTENCIAL EN LA CUENCA GRIJALVA-USUMACINTA

Sánchez-Hernández Rufo¹, Mendoza-Palacios Juan de Dios¹, De la Cruz Reyes Julio C.¹, Mendoza Martínez Juan Enrique¹, Ramos-Reyes Rodimiro³

¹División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ²División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. ³Unidad Villahermosa. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). E-mail: rusaher@hotmail.com

Resumen

Se realizó un análisis de imágenes Spot 5 para generar mapas temáticos representativos de los factores que favorecen la erosión en la cuenca Grijalva-Usumacinta. Se obtuvieron mapas de Precipitación media anual (PMA), Uso actual de suelo (UAS), Porcentaje de pendiente de las geoformas (PPG) y Clases de suelos (CS). La magnitud del riesgo de erosión provocada por cada factor, se categorizó mediante escalas numéricas. A través de un Sistema de Información Geográfica (SIG) se interpolaron los mapas obtenidos, y se generó un mapa de erosión potencial (EP), en el cual se establecieron tres niveles de riesgo (Alto, Medio, Bajo), dichas categorías se obtuvieron de la suma algebraica de las escalas numéricas de los mapas PMA, UAS, PPG y CS. Se observó que más del 50% de la cuenca tiene geoformas onduladas y escarpadas. Los suelos son predominante someros (Litosoles, Regosoles y Rendzinas), los cuales son fácilmente erosionables cuando se asocian a precipitaciones medias anuales de más de 900 mm, como las que caen en casi la totalidad de la cuenca. Se identificaron áreas que conservan cobertura vegetal selvática en la parte Sureste de la cuenca, o de bosques mesofilos de pino y encino respectivamente en la parte Central y Sur respectivamente. El mapa de EP de la cuenca indicó que más de 7 millones de hectáreas (83%) presentan riesgo de Medio a Alto, acentuándose en la parte Centro y Suroeste de la cuenca, mientras que 1.5 millones de hectáreas (17%) presentan riesgo bajo, localizado particularmente en el Norte y Noreste.

Palabras claves: *Imágenes satelitales, Factores erosivos, riesgo de erosión.*

Abstract

An analysis of Spot 5 images was realized to generate thematic maps representatives of the factors that contribute to the erosion in Grijalva-Usumacinta basin. Were obtained maps of Annual Means Rainfall (PMA), Soil Actual Use (UAS), Slope Percent of the Geoforms (PPG) and Soil Class (CS). The erosion risk magnitude caused by every factor, was categorized across numeric scales. Across of a Geographic Information System (SIG) were interpolated the maps obtained, and was generated a Potential Erosion Maps (EP), in which were established three risk levels (high, means, low), the above mentioned categories were obtained from the algebraic sum of the numeric scales of the maps PMA, UAS, PPG and CS. Was observed that more of the 50% of the basin has undulate and Steeply mountainous geoforms. The soils are predominantly superficial (Litosols, Regosols and Rendzinas), which are easily eroded when are associate to Annual Means Rainfall superiors to 900 mm, such as those fall down in almost the totality of the basin. Were identified areas that preserve jungle coverage in the South part of the basin, or pine mesophilic forest and encino forest in the Central y South part respectively. The maps of EP of the basin indicated that more of 7 millions of hectares (83%) present means-high risk, accenting them in the Central and Southwest parts of the basin, while as 1.5 million of hectares (17%) present low risk, located particularly on the North and Northeast part of the basin.

Palabras claves: *Satellital images, erosive factors, erosion risk.*

Introducción

La erosión es considerada como la remoción del suelo por agentes del medio físico. En el mundo constituye el problemas más severo de degradación, ya que aproximadamente el 80% de la superficie del planeta presenta éste fenómeno (106, 440,000 km²) (Álvarez-Cardona *et. al.*, 2007). Cada año los

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

ríos acarrear al océano 24,000 millones de toneladas de tierra cultivable. Las causas más frecuentes de dicha degradación son el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas (SEMARNAT, 2002). Se estimó que para el año 2010, cerca de 140 millones de hectáreas de suelo de buena calidad presentaban algún nivel de degradación, principalmente en África y Asia (Álvarez-Cardona *et al.*, 2007). La erosión representa un importante problema social, económico y es un factor determinante en el deterioro de los sistemas terrestres (Álvarez-Cardona *et al.*, 2007). En México el escenario es similar, 144 millones de hectáreas equivalentes al 75% del total nacional, están afectadas por erosión, de las cuales 15.9 millones se consideraban como daños severos y, solo 44.2 millones de hectáreas se consideran en un nivel incipiente o no manifiesta (Nieves *et al.*, 2001). A nivel regional, en la cuenca Grijalva-Usumacinta también se observa esta problemática, misma que se ve reflejada en frecuentes derrumbes y caídas de árboles que obstruyen el flujo del agua y provocan taponamientos e inundaciones. De acuerdo con Wischmeier y Smith (1978) el riesgo de erosión o erosión potencial se define como el efecto combinado de los factores causales de la erosión (lluvia, escurrimiento, suelo y topografía). La combinación de estos factores se integra en la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), aunque los mismos autores reconocen que la EUPS fue desarrollada para aplicarse en parcelas, por lo que su empleo en áreas mayores como una cuenca hidrográfica requiere de algunas modificaciones. Montes-León (2002) presentó una metodología basada en la EUPS, aunque con algunas modificaciones, utilizó un SIG para realizar interpolaciones de mapas representativos de los factores que provocan la erosión, para generar un mapa de erosión potencial. Por la importancia que tiene la cuenca Grijalva-Usumacinta en el ámbito social, económico y ambiental, el presente trabajo tuvo como objetivo generar un mapa de erosión potencial (EP) a partir de la interpolación de mapas temáticos de los factores que provocan la erosión de suelo (PMA, UAS, PPG y CS).

Materiales y Métodos

A partir de imágenes Spot 5 proporcionadas por la Secretaría de Marina de México, se generaron mapas temáticos de los factores que provocan la erosión, Precipitación media anual (PMA), Uso actual de suelo (UAS), Porcentaje de pendiente de las geoformas (PPG) y Clases de suelos (CS). Cada mapa fue categorizado mediante escalas numéricas, en las que los valores bajos representaron riesgos bajos de erosión, mientras que los valores más altos representaron los riesgos más altos. De esta manera, el mapa de EP, se obtuvo como la suma algebraica de los cuatro mapas (Ecuación 1).

$$EP = PMA + UAS + PPG + CS \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

EP: Erosión potencial.

PMA: Coeficiente que depende de la precipitación media anual.

UAS: Coeficiente que depende del uso del suelo.

PPG: Coeficiente que depende del porcentaje de pendiente de la geoforma.

CS: coeficiente dependiente de la clase de suelo.

Resultados y Discusión

Precipitación media anual (PMA). La precipitación es un factor determinante para acelerar la erosión. En climas tropicales las lluvias son más erosivas que en los templados debido su alta intensidad. Los resultados de este trabajo señalan que prácticamente toda la cuenca Grijalva-Usumacinta registran lluvias erosivas, considerando que un régimen de lluvias erosivas son aquellas que superan los 600 mm al año (Álvarez-Cardona *et al.*, 2007), particularmente si los eventos de precipitación registran intensidades por arriba de 50 mm h⁻¹, como es el caso de las que se registran en la cuenca Grijalva-Usumacinta.

Uso actual del suelo (UAS). El mapa de uso actual de suelo indicó que los usos más frecuente son el agrícola, pecuario y forestal, los cuales se distribuyen en prácticamente toda la cuenca, cubriendo una superficie de 2, 863,151 hectáreas (33%). En orden de importancia, le siguen la selva alta perennifolia y sub perennifolia con 2, 081,381 hectáreas (24%). Hacia la parte Suroeste y Centro-Sur de la cuenca se encuentra una importante zona de bosques de encino, bosques mesófilos de montaña y bosques de pino, la suma de la superficie de estos tres ecosistemas asciende a 1,694, 905 hectáreas (20%). Hacia

la parte Noreste de la cuenca, entre los estados de Tabasco y Campeche se encuentran áreas ocupadas por selva mediana y baja perennifolia y sub perennifolia que en conjunto llegan a sumar 972, 071 hectáreas equivalentes al 11% del total de la superficie. En la parte Norte de la cuenca se encuentran extensas áreas de popales y tulares, y hacia la franja costera también algunas áreas de manglares, en conjunto estos usos de suelo llegan a sumar 658,275 hectáreas, y aunque representan solo el 7.58% del área total de la cuenca, su importancia es fundamental ya que integran la unidad de almacenamiento energético más importante de Mesoamérica. El resto de la superficie correspondió a otros seis usos de suelo identificados.

Porcentaje de pendientes de las geoformas (PPG). Para la descripción de las pendientes se usó el criterio propuesto por Alvarado *et al.* (1982), el cual utiliza el porcentaje de pendiente y le da una nomenclatura, tal a como se indica: 0-2% (Plano), 2-5% (Ligeramente ondulado), 5-10% (Ondulado), 10-25% (Muy ondulado) y >25% (Escarpado). En el Mapa de PPG se observa que las pendientes planas a casi planas, cubren una extensión de 30,550.40 km² que corresponde al 35.05% de la superficie total del área de estudio. Este rango de pendientes predomina principalmente sobre la planicie tabasqueña. También es posible encontrar estas pendientes, aunque con una menor extensión, hacia el Norte de la subcuenca del alto Grijalva, hacia el Sur sobre la subcuenca Río Lacantún y en pequeñas zonas de la subcuenca del medio Grijalva. Las pendientes escarpadas y muy escarpadas abarcan una superficie de 11,994.20 y 1,304.93 km² respectivamente, las cuales corresponden al 13.76% y 1.49% con respecto al área total de la zona de estudio. Se localizan principalmente sobre el estado de Chiapas, hacia el Sur de las subcuencas del Bajo Grijalva y Alto Grijalva, y de manera irregular sobre las subcuencas del Medio Grijalva y Río Lacantún, sin embargo, las pendientes muy escarpadas se encuentran más representadas sobre el Sur del estado de Chiapas.

Clase de suelo (CS). De acuerdo al mapa de clasificación de suelos que se generó, se identificaron 43 subunidades y 17 grupos principales de suelo de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo referida como la WRB (ISRIC/SICS/FAO, 2006), de los cuales fueron los Litosoles, Gleysoles y Luvisoles los más predominantes, en conjunto estos suelos cubren el 53 % de la superficie de la cuenca. La distribución de estos suelos en la cuenca es aleatoria, aunque si dividimos la cuenca solamente en partes sur y norte. Estos suelos predominan en toda la parte Sur de la cuenca y se acompañan por otro grupo de suelos igualmente someros y pedregosos, tales como las Rendzinas y los Regosoles.

Mapa de erosión potencia (EP). A partir de la interpolación de los cuatro mapas descrito anteriormente se generó el mapa de riesgo de erosión (Figura 1).

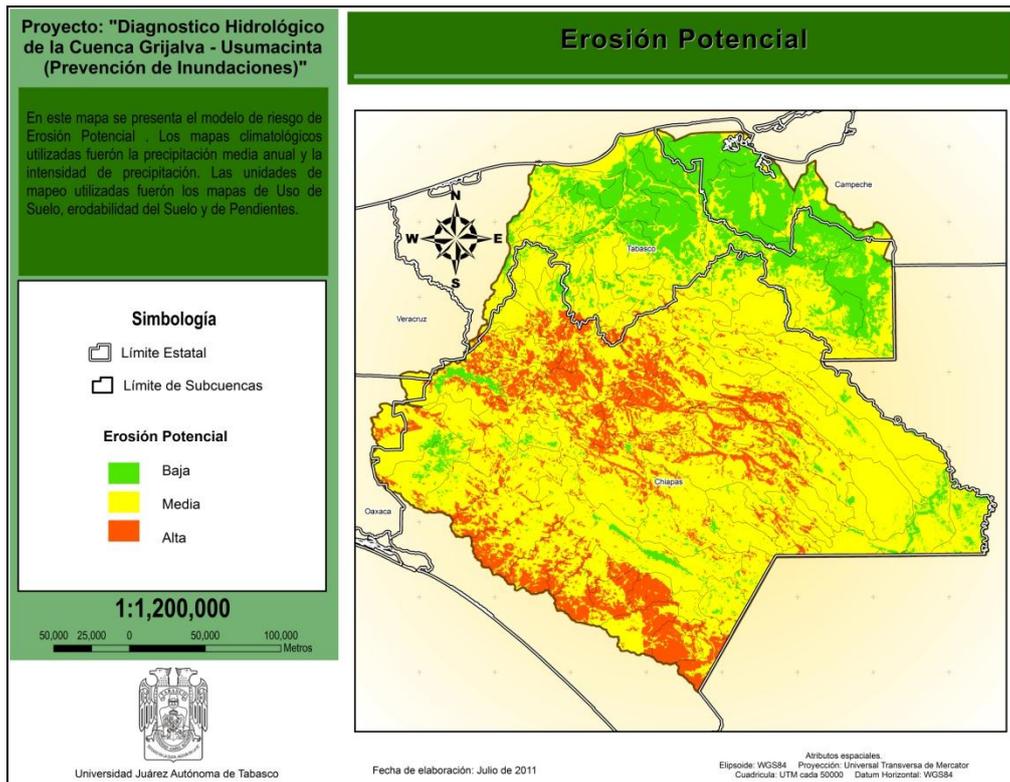


Figura 1. Mapa de erosión potencial en la cuenca Grijalva-Usumacinta.

Los resultados obtenidos en este estudio indicaron que la cuenca Grijalva-Usumacinta presenta riesgo de erosión que va de medio a alto en más de 7 millones de hectáreas equivalente al 83% del área total de la cuenca, mientras que solo 1.5 millones de hectáreas aproximadamente equivalente al 17 % se pueden considerar con un nivel de riesgo bajo. Se observa que el problema de la erosión se acentúa hacia la parte centro y Suroeste de la cuenca, mientras que en la parte Norte y Noreste, se visualiza un área con nivel de riesgo bajo, asociada a problemática relacionada con eutrofización por ser receptora de los sedimentos que se pierden en las partes más altas de la cuenca. El nivel de riesgo de erosión que se observa en la cuenca obedece a una combinación de factores que aceleran dicho proceso. Caso específico, el uso de suelo, porcentaje de pendiente de la geoforma, tipos de suelo, así como los regímenes de precipitación que se registran. Se puede observar que una superficie de más del 50%, respecto al total de la cuenta tiene geoformas que van de onduladas a escarpadas. La superficie con pendientes escarpadas cubre el 17.1%, lo que provoca un riesgo aún mayor de erosión, mientras que el 29.1 % de la cuenca presenta pendiente onduladas o muy onduladas. Otro factor de riesgo de erosión que se observó es que los suelos son predominante someros, tales como: Litosoles, Regosoles y Rendzinas, mismos que se caracterizan por ser fácilmente erosionables, particularmente cuando se asocian a precipitaciones medias anuales de más de 900 mm consideradas como erosionables, como las que caen en casi la totalidad de la cuenca. A través del análisis de imágenes se identifican algunas áreas que conservan aun cobertura vegetal selvática en la parte sureste de la cuenca o de bosques mesofilos, de pino y encino respectivamente en la parte central y en el sur, sin embargo manifiestan riesgo de erosión media, debido particularmente a lo somero que son sus suelos, y que en el caso de los bosques, su cubierta no protege totalmente del efecto de las lluvias intensas que registran.

Conclusiones

Aproximadamente el 83% de la cuenca Grijalva-Usumacinta presenta riesgo de erosión que va de medio-alto, mientras que solo el 17 % se considera en un nivel de riesgo bajo. El problema se acentúa hacia la parte Centro y Suroeste de la cuenca. En la parte Norte y Noreste, el riesgo de erosión potencial es bajo, aunque esta zona es receptora de los sedimentos que se pierden en las partes altas de la cuenca ocasionando problemas de eutrofización de cuerpos de agua. El nivel de riesgo de erosión

que se observa en la cuenca obedece a la combinación de factores que aceleran dicho proceso. Principalmente, la combinación de las intensas lluvias que superan los 900 mm año⁻¹, con las geoformas que registran algún grado de pendiente en aproximadamente el 65% de la superficie de cuenca. El problema se complica si se considera que los suelos predominantes son someros fácilmente erosionables, y que la mayor superficie de la cuenca tiene algún uso agropecuario.

Agradecimientos: El equipo de trabajo que participó en esta investigación reconocen y agradecen al FONDO MIXTO CONACYT-TABASCO, por su respaldo financiero al proyecto: TAB-2007-C10-82422/05. Diagnóstico Hidrológico de la cuenca Grijalva-Usumacinta (prevención de inundaciones), del cual se deriva esta aportación científica.

Literatura Citada

- Alvarado A., Glover N., Obando O. 1982. Reconocimiento de los suelos de Puriscal-Salitrales y Tabarcia, San Ignacio de Acosta, Turrialba, Costa Rica. CATIE, 105 p.
- Álvarez-Cardona M., J.A. Colmenero R., M. de L. Valderrábano A. 2007. La erosión hídrica del suelo, en un contexto ambiental, en el estado de Tlaxcala. *Ciencia ergo sum* 14(3): 317-326.
- ISRIC, SICS, FAO. 2006. WRB (Word Reference Base for Soil Resources). First edition. Roma, Italia. 128 p.
- Montes León, M.A. L. 2002. Predicción de la Erosión Hídrica para la Elaboración de Planes de Conservación de Suelos a Nivel Cuenca. Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro. 110 p.
- Nieves J., L. García y R. Cardoza. 2001. La degradación de los suelos en México. In: Palacio P. J.L., L.L. González, L. Vázquez-Selem, G. Bocco, E. McClung, I. Alcántara, M. Imbar, M. Sala (Organizing committee). *Proceeding of the International Symposium on Land Degradation*. May 7-14. IGV. Commission on Land Degradation and Desert of Geography (COMLAND), Institute of Geography, Institute of Ecology, Institute of Anthropology, and National Autonomous University of Mexico (UNAM), México.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales), 2002. Evaluación de la degradación del suelo causado por el hombre en la República Mexicana Escala 1:250.000. Memoria Nacional. México, D. F. 76 p.

DESLIZAMIENTOS DE SUELOS Y VEGETACIÓN ASOCIADA EN LADERAS DE LA SIERRA DE GUADALUPE, CENTRO DE MÉXICO

Morales Flores E. Monserrat¹, Vela Correa Gilberto¹, López Blanco Jorge². Rodríguez Gamiño Ma. de Lourdes²

¹Departamento El Hombre y su Ambiente, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. E-mail: leydyapache1@hotmail.com, gvela@correo.xoc.uam.mx.

²Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México. E-mail: jlopezblanco@hotmail.com, lulugamino@hotmail.com

Resumen

La sierra de Guadalupe localizada al Norte de la cuenca de México es afectada por procesos de remoción en masa (deslizamientos de suelos), debido a la destrucción de la vegetación y a la alteración de las características morfológicas y estructurales del suelo. El objetivo del trabajo fue caracterizar los deslizamientos con base en las propiedades fisicoquímicas del suelo y en la identificación de la vegetación presente, para comprender la relación entre la dinámica de los deslizamientos y las variables edáficas del suelo de las laderas de la sierra. Mediante la interpretación de fotos aéreas a escala de 1:20,000, se seleccionaron 3 sitios con deslizamientos (La Cruz, La Torre-1 y La Torre-2). En cada deslizamiento se colectaron muestras de suelos de la cicatriz, la parte media y del lóbulo para la evaluación de los parámetros fisicoquímicos de los suelos. Los tres deslizamientos se encontraron en una pendiente mayor de 20°, con mayor presencia de arcillas, mayor cantidad de materia orgánica (MO) y una porosidad del 50% en la cicatriz. Mientras en la parte media y en el lóbulo se obtuvieron valores bajos en la cantidad de arcillas y de MO en los tres deslizamientos debido a que el material ha sido desplazado de su posición original sobre la pendiente. También se identificó la vegetación en la cicatriz de los deslizamientos (*Eucalipto camandulencis*, *Opuntia ficus*, *Schinus molle*, *Quercus spp.* y *Agave salmiana*) la cual fue escasa dejando a los suelos más susceptible a los procesos gravitacionales (deslizamientos) y a la precipitación pluvial.

Palabras claves: sierra de Guadalupe, procesos de remoción en masa, deslizamientos de suelo, vegetación.

Abstract

The sierra de **Guadalupe** located at north Mexico basin is affected by **solifluction** (landslides) due to destruction of vegetation and alteration of the morphological and structural characteristics of the soil. The objective of this work were to characterize the landslides with base on the physicochemical properties of the soil and the identification of the present vegetation to understand the relationship between the landslide dynamic and the edaphic variables of the soil in the sierra de **Guadalupe**. Through the interpretation of aerial pictures at scale 1:20,000 three landslide sites were selected (La Cruz, La Torre-1 and La Torre-2). In every landslide were collected samples of soil from the scar, the middle part and the lobe for the evaluation of its physicochemical parameters. The three landslides were found on a slope mayor than 20°, whit mayor presence of clay, organic matter (OM) and porosity of 50% in the landslide scar. Meanwhile in the middle part and the lobe low values were obtained in the amount of clay and OM in the three landslides because of the material has been displaced from its original position on the the slope. Also the vegetation in the landslide scar was identified (*Eucalipto camandulencis*, *Opuntia ficus*, *Schinus molle*, *Quercus spp.* and *Agave salmiana*) and were scarce leaving the soils more susceptible to the gravitational processes (landslides) and the pluvial precipitation.

Introducción

La evolución de las laderas ha sido afectada por procesos de remoción en masa (PRM) asociados a su dinámica intrínseca, aun desde antes de la aparición de los seres humanos. Estos procesos se pueden presentar en deslizamientos de suelos o derrubios sobre la superficie terrestre en una extensa variedad de escalas, lugares, condiciones geológicas, geomorfológicas, climáticas e inclusive sociales (Alcántara *et al.*, 2007). Además estos procesos varían en cuanto a la tipología, magnitud y la

frecuencia de los factores endógenos y exógenos (clima, pendiente, litología, estructura, vegetación, etc.). De esta manera han cobrado gran importancia en las últimas tres décadas del siglo XX, debido a los daños que han sufrido las poblaciones e infraestructuras civiles por el acelerado crecimiento demográfico y a la falta de planeación urbana, lo que ha provocado la ocupación de laderas potencialmente inestables causando pérdidas humanas y materiales en diversas zonas (Valerio-Víctor *et al.*, 2007). La sierra de Guadalupe se localiza en el centro de la cuenca de México, en la que se encuentra afectada por la remoción y el movimiento de los materiales presente en las laderas, a estos procesos se les conoce como deslizamientos de suelo (Lugo-Hubp *et al.*, 1996). Se ha demostrado que algunas actividades antropogénicas han acelerado dichos procesos, provocando heterogeneidad en el paisaje (Alcántara *et al.*, 2007). Con relación a la vegetación, Vela y Flores (2000) mencionan que las especies presentes en la sierra son *Quercus sp.*, *Prosopis sp.* y *Opuntia sp.*, predominando *Eucalyptus sp.*, *Pinus sp.*, *Schinus molle* y *Casuarina equisetifolia* como resultado de las diversas reforestaciones que se han efectuado en sus laderas. El objetivo de este trabajo fue caracterizar los deslizamientos con base en las propiedades fisicoquímicas del suelo y en la identificación de la vegetación presente, para comprender la dinámica de la relación entre los deslizamientos y las características físicas y químicas del suelo, así como la vegetación presente en las laderas de la sierra de Guadalupe, Centro de México.

Materiales y Métodos

La Sierra de Guadalupe, se localiza al norte de la Ciudad de México, en los límites entre el Distrito Federal y el estado de México (Cedillo-Acosta *et al.*, 2007). Geográficamente se ubica entre los 19° 30' y 19° 35' N y 99° 05' y 99° 10' W, con una altitud de 2,240 a 2,950 msnm (Vela y Flores, 2004) y la comparten los municipios de Tlalnepantla, Tultitlán, Coacalco y Ecatepec (López *et al.*, 2004). Este trabajo, se realizó en cuatro etapas: 1) Trabajo en gabinete, que consistió en la recopilación de información y en la selección de los sitios de muestreo con base al análisis de fotografías aéreas a escala 1:20,000 (Fig. 1); 2) en el trabajo en campo, se identificaron tres deslizamientos: sitio-1 La Cruz, sitio-2 La Torre-1 y sitio-3 La Torre-2 por medio de recorridos, y se describieron geomorfológicamente (altitud, coordenadas, orientación, geoforma, pendiente, uso de suelo) en cada deslizamiento, posteriormente se tomaron muestras de suelos a una profundidad de (0-30 cm) de la cabecera, de la parte media y del lóbulo del deslizamiento. También se colectaron muestras de la vegetación presente, para su posterior identificación en el herbario; 3) En laboratorio, se determinaron las propiedades físicas: color (Munsell, 1994), porosidad, humedad (Jackson, 1982), densidad aparente y densidad real (SEMARNAT, 2002), textura (Day, 1965; Jackson, 1984), y entre las químicas: materia orgánica, carbono orgánico total (Walkley y Black, 1938), pH, capacidad de intercambio catiónico y determinación de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ y K^+ intercambiables (SEMARNAT, 2002).

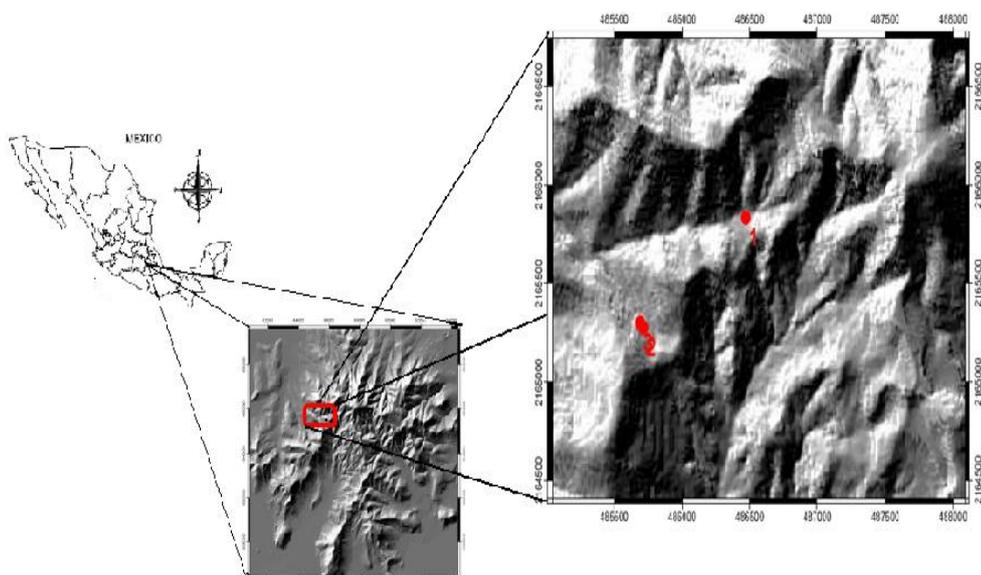


Figura 1. Ubicación de los de deslizamientos en la Sierra de Guadalupe.

Resultados y Discusión

Los deslizamientos de La Cruz, de La Torre-1 y de La Torre-2 se hallaron entre una altitud de 2560 a 2640 msnm, registrando una precipitación anual de 584.7 mm, y una temperatura media anual de 16 °C. En La Cruz y la Torre-1 se hallaron en una pendiente mayor de 30° y La Torre-2 de 24° lo cual favorece a que la masa sea inestable debido a que entre más inclinada sea la pendiente mayor es la cantidad empleada de energía cinética y potencial en los materiales de las laderas, deslizándose ladera abajo (Alcántara *et al.*, 2007). En cuanto a las propiedades físicas y químicas del suelo de los deslizamientos, el análisis granulométrico mostró que la clase textural dominante es arcillosa en los tres sitios, con mayor presencia en la superficie de la cicatriz y en la parte media de los deslizamientos; mientras que las arenas (0.05 a 2.00 mm) y limos (0.05 a 0.02 mm) se encontraron en menor cantidad en los tres deslizamientos (Tabla. 1). Dada la cantidad de arcillas en los tres deslizamientos los suelos de las laderas de la sierra son inestables, debido a la interacción de los agentes climáticos con estas influyendo en la consistencia y plasticidad, pasando de sólido a plástico y líquido (Vela y Flores 2004). En cuanto a los valores que se obtuvieron de porosidad en La Cruz, en La Torre-1 y en La Torre-2 fueron mayores del 50%, favoreciendo la saturación de agua, influye en la filtración del agua en los suelos de las laderas en temporada de lluvias, haciéndolas más inestables (Tabla.1).

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos de suelos en los tres sitios.

Sitios	Puntos de muestreo	Pendiente	Porosidad %	MO %	Separados del suelo			Clase textural	Vegetación
					Arenas	Limos	Arcilla		
1. la Cruz	Cicatriz	36°	63.9	2.4	42	09	49	Arcilla	- <i>Eucalyptus camandulencis</i>
	Medio		51.3	1.1	43	09	48	Arcilla	- <i>Opuntia ficus</i>
	Lóbulo		43.5	1	42	10	48	Arcilla	- <i>Schinus molle</i>
2. la Torre-1	Cicatriz	31°	58.2	3.8	35	11	54	Arcilla	- <i>Eucalyptus camandulencis</i> .
	Medio		51.1	1.4	35	08	57	Arcilla	- <i>Opuntia ficus</i> .
	Lóbulo		51.7	1.5	41	12	47	Arcilla	- <i>Quercus spp.</i> - <i>Agave salmiana</i> .
3. la Torre-2	Cicatriz	24°	54.6	0.6	38	09	53	Arcilla	- <i>Eucalyptus camandulencis</i> .
	Medio		53.406	0.6	30	11	59	Arcilla	- <i>Opuntia ficus</i> .
	Lóbulo		51.342	1.7	41	14	45	Arcilla	- <i>Quercus spp.</i> - <i>Agave salmiana</i> .

La presencia de especies vegetales fue escasa en los tres sitios, indicando que los suelos de las laderas son más inestable, identificando *Eucalyptus camandulencis*, *Opuntia ficus*, *Schinus molle* en La Cruz, mientras que en La Torre-1 y en La Torre-2 se halló *Eucalyptus camandulencis*, *Opuntia ficus*, *Quercus frutex*, *Quercus mexicana* y *Agave salmiana*. Esta escasa vegetación contribuye a la ruptura y fracturación del suelo afectando la estabilidad del terreno por la falta de raíces y movimientos masales (Horacio, 2011). A su vez esto influyó en la cantidad de materia orgánica (MO) en los tres deslizamientos presentando valores moderados del 5% de un 10% en la parte superior de la cicatriz en La Cruz y en La Torre-1, mientras que en la parte media y en el lóbulo se obtuvieron valores entre el 1 y el 2% respectivamente. Los valores encontrados de MO en La Torre- 2 fueron del 2% en la cicatriz, del 5% en la parte media y del 10% en el lóbulo del deslizamiento.

Conclusiones

Este estudio aporta datos actuales de las propiedades morfológicas, físicas y químicas de los suelos, por lo que a partir de los resultados generados en este trabajo se puede ver la relación de los procesos de remoción en masa con las variables edáficas.

La escasa vegetación influye en la inestabilidad de las laderas, aumentando los procesos de remoción de masas presentándose como deslizamientos de suelos.

Agradecimientos

Gracias a la Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural (CORENADER) del Gobierno de la Ciudad de México, en especial al personal de Sierra de Guadalupe por el apoyo brindado en campo.

Literatura citada

- Alcántara-Ayala, I. y Murillo-García F. G., 2007. Procesos de remoción en masa en México: hacia una propuesta de elaboración de un inventario nacional: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 66:47-64.
- Horacio Rivera Posada. 2011. Ph. D. Efecto de la vegetación arbórea y arbustiva en la estabilización de los suelos a la erosión y a los movimientos masales, <http://ecoambientes.tripod.com/id11.html>, 20-julio-2011.
- Lugo-Hubp, J. y Salinas-Montes, A. 1996. Geomorfología de la Sierra de Guadalupe (al norte de la Ciudad de México) y su relación con peligros naturales: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 13, (2): 240-251.
- Vela-Correa, Gilberto y Flores-Román, David. 2004. Morfogénesis de suelos con capas endurecidas de la Sierra de Guadalupe, México: Terra latinoamericana, 22 (3):255-265.

CAMBIOS EN LA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO EN LA CUENCA DEL RIO DUERO

Ochoa Estrada Salvador¹, Nava Velázquez Jaime¹, Silva García José Teodoro¹ y Cruz Cárdenas Gustavo²

¹CIIDIR-IPN Unidad Michoacán. Justo Sierra N° 28., C.P. 59510, Jiquilpan Mich, Becarios COFAA. sochoae@ipn.mx

²Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Universidad Nacional Autónoma de México, Tercer Circuito s/n, Ciudad Universitaria, 04510, Delegación Coyoacán, México D.F., México.

Resumen

El cambio de uso de suelo es la remoción de la cubierta vegetal original o actividad desarrollada sobre este, desencadenada por las diferentes actividades humanas, provocando una transformación de los principales ecosistemas naturales. El objetivo del presente trabajo fue determinar el cambio de uso del suelo en la Cuenca del Río Duero. Se utilizaron datos de sensores remotos del sensor MSS. Se escogieron dos escenas la del año 1999 y 2009. En campo se seleccionaron 100 sitios de entrenamiento al azar. La interpretación de las escenas se hizo en forma automática empleando el clasificador de máxima verosimilitud. Las categorías de uso establecidas fueron el uso agrícola, pastizales, bosque de pino encino y matorral subtropical. Los resultados obtenidos indican que el cambio principal se manifestó en la pérdida del bosque de pino-encino a matorral subtropical, estos cambios fueron de 52,777 ha, incrementándose el área del 16% a 31.1%, siendo este, el uso dominante dentro de la cuenca. También hubo un incremento del área agrícola, aunque en menor proporción, pasando de 24.1 a 28.9%. Estos cambios son provocados por la explotación forestal presente en las zonas altas de la cuenca y una consecuente sucesión vegetal. El cambio de uso de suelo en la cuenca del Río Duero se está llevando a cabo principalmente en la vegetación pino-encino, donde se está presentando una sucesión vegetal hacia el matorral subtropical y al cambio en el patrón de cultivos rentables como el aguacate, brócoli, papa y otros frutales y consecuentemente un incremento de las zonas urbanas.

Palabras clave: *deforestación, cultivos rentables, imágenes de satélite.*

Abstract

The landuse change is the removal of original vegetation cover or activity performed on it, by various human activities, resulting in a leading transformation of natural ecosystems. The aim of this study was to determine the landuse change in the Rio Duero watershed. Remote sensing data from the MSS sensor was used. 100 training sites at random were selected. The maximum likelihood classifier was used for the interpretation of remote sensing data. The categories of landuse change were established in agricultural, grassland, pine-oak forest and subtropical shrub land. The transformation from pine-oak forest to subtropical shrub land was the main change. Increasing the area of subtropical shrub land in the Rio Duero watershed from 16% to 31.1% (52 77 ha). The agricultural area was also increased from 24.1% to 28.9%. The landuse changes were caused by deforestation of the higher elevations of the watershed and consequent succession natural. The landuse change in the Rio Duero watershed is taking place primarily in the pine-oak forest. Furthermore the increase in cultivated areas for profitable crops such as avocado, broccoli, potatoes, fruit trees and other urban areas increased.

Palabras clave: *deforestation, profitable crops, satellite images.*

Introducción

Caracterizar la cobertura terrestre, el uso del suelo de un área, así como sus cambios espaciotemporales en relación con las actividades humanas, es fundamental para entender y predecir la dinámica de los componentes del paisaje. Además, proporciona un marco de referencia para el estudio de la sucesión y la dinámica de los ecosistemas, así como para el diseño de políticas y estrategias de planificación, conservación y manejo sostenible de los recursos naturales (Ojima *et al.*, 1994).

El cambio de uso de suelo en México, comúnmente se presenta tanto en zonas templadas como en tropicales, donde existe una deforestación de la cubierta vegetal que sucede como resultado de las

actividades productivas del desarrollo socioeconómico, debido principalmente a la expansión de la frontera agrícola. Estos cambios tienen un impacto negativo en las diferentes escalas, por ejemplo a nivel regional, afecta la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, modificando los ciclos hidrológicos y los regímenes climáticos, favoreciendo el calentamiento global. En el ámbito local, acelera la pérdida del hábitat y la diversidad biológica, así como la degradación de los suelos (Díaz et al., 2001 y Mas et al, 2006).

El objetivo del presente trabajo fue analizar los cambios espaciales y temporales del uso del suelo en la cuenca del río Duero, en el periodo 1999-2009 y cuales son las principales causas que provocaron estos cambios.

Materiales y Métodos

La cuenca del río Duero se encuentra en el noroeste del estado de Michoacán delimitada por las coordenadas 19° 40' y 20° 15' Latitud Norte y 101° 45' y 102° 45' Longitud Oeste a una altitud media de 2,000 m. El río Duero nace cerca del poblado de Carapan, pasa por el valle de Zamora y se une al río Lerma en los límites estatales de Michoacán y Jalisco.

Para cuantificar los cambios en la cobertura y el uso de suelo en el periodo 1999 -2009, se utilizaron dos escenas del sensor MSS del satélite Landsat con una resolución de 60*60 m del 27 de octubre de 1999; y dos escenas más con resolución de 28.8*28.5 m del 31 de enero de 2009.

Después de obtener las escenas se procedió a delimitar el área de estudio, a través de la elaboración de una máscara digital en formato vectorial, considerando las coordenadas extremas del área de estudio, proceso que se apoyo con un sistema de información geográfica. La metodología utilizada en el presente trabajo se inicia con la clasificación, por categorías de uso de la tierra de cada uno de los puntos de muestreo. Las categorías de uso establecidas fueron el uso agrícola, pastizales y forestal.

Los 100 puntos de muestreo se emplearon como sitios de entrenamiento. Se utilizó el algoritmo de máxima verosimilitud para realizar la clasificación supervisada. El clasificador calcula la probabilidad de cada pixel dentro de una clase. Los valores o clases de los sitios de entrenamiento se asumen que presentan una distribución normal, lo cual permite que el vector de medias y matriz de covarianza de la firma espectral de cada clase pueda ser calculada. Con base a lo anterior, se calcula la probabilidad de cada pixel de pertenecer a una clase. El pixel es asignado a la clase con la tiene mayor probabilidad de pertenecer (Lo y Yeung, 2007). Se emplearon las bandas azul, verde, roja, infrarroja y el modelo digital como datos de entrada para clasificación supervisada (Cruz-Cárdenas et al., 2010).

Resultados

Para el año 1999, el uso de suelo dominante era la vegetación de pino-encino con el 41.1 % (109056.8 ha) del total del área estudiada, seguido del uso agrícola 24.1% con 63779.2 ha, después el uso con pastizales con el 18.1% (48429.5 ha) y el uso con vegetación de matorral subtropical que ocupaba el 16.7 % con 44330.5 ha (Figura 1).

En general para 1999 la vegetación dominante (pino-encino) se localizaba principalmente en las zonas altas, por arriba de los 2000 m de altitud. Estas áreas se ubicaban principalmente en las estribaciones volcánicas del sur de la cuenca, y algunas zonas aledañas a los Valles de Zamora y De Guadalupe, algunas de estas estribaciones son los cerros de San Ignacio (2,900 m), San Antonio (2,800 m), Cerro Viejo (3,000 m) Curiane (2,600 m), La Beata (2,500 m), Tamandaro (2,400 m) y Patamban (3,400 m); así como, algunas pequeñas áreas localizadas hacia la parte norte, específicamente en la Sierra de Pajacuarán aledaña a la Ciénega de Chapala, que define el límite central de la zona con una altitud media de 2,200 m.

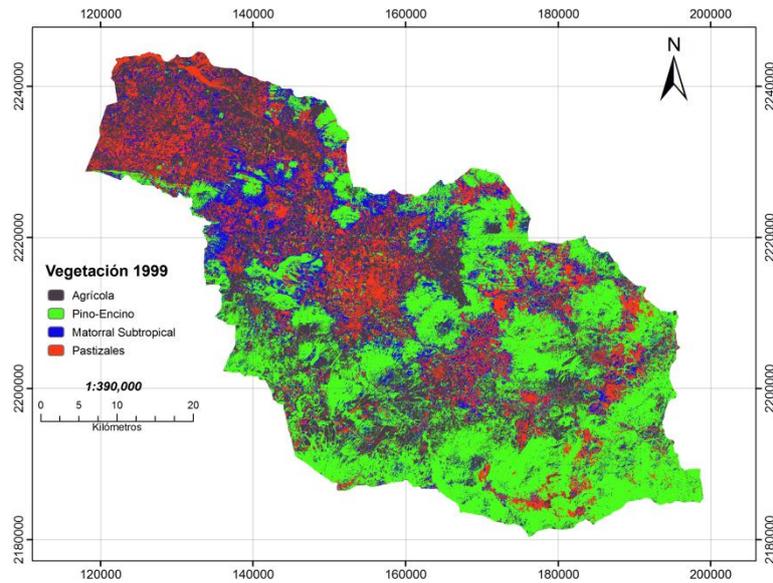


Figura 1. Vegetación existente en el año 1999

En el caso de la superficie agrícola ésta se localizaba principalmente en los valles de Zamora, Guadalupe y Ciénega de Chapala, así como en algunos lomeríos de las principales elevaciones. Estas zonas agrícolas se sitúan principalmente en la parte media y norte de la región de estudio. En los Valles de Zamora y de Guadalupe existe un desarrollo importante en cultivos como hortalizas y frutillas; mientras que para la Ciénega de Chapala, su desarrollo está dirigido hacia los granos básicos. Además, en la parte sur sólo se pueden observar algunas áreas pequeñas de cultivos, cercanas a las poblaciones de Purépero y Tlazazalca con una vocación para granos y algunas hortalizas.

Para el 2009 el uso de suelo que predomina es el matorral subtropical, que casi duplicó su superficie pasando a posicionarse con el 31.1% (82341 ha) de la superficie de la cuenca (Figura 2); mientras que la superficie de pino-encino disminuyó por mitad con sólo el 21.1% (56279.0 ha), debido principalmente a la tala clandestina e incendios forestales (COFOM, 2009) y posteriormente al proceso conocido como sucesión vegetal, que de acuerdo con Kandus (1998), es la sustitución de una comunidad vegetal por otra, pasando por diferentes etapas o estadios, a través del espacio.

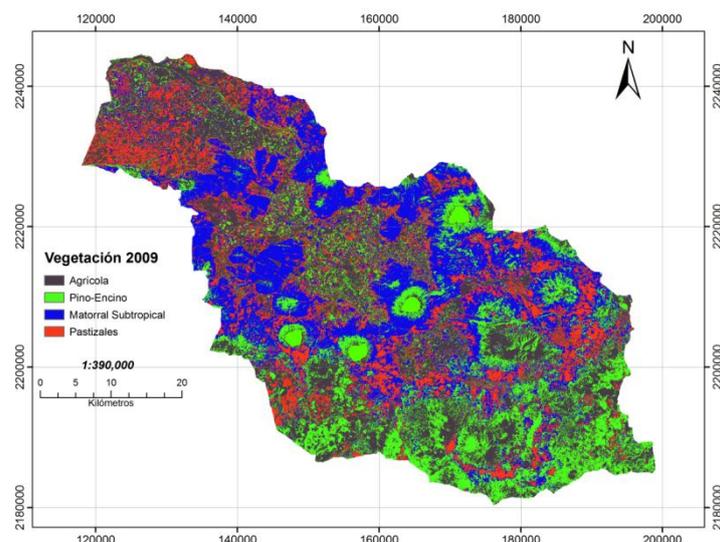


Figura 2. Vegetación en la Cuenca del Río Duero para el año 2009

La sucesión es un fenómeno dinámico porque existen diferencias entre las especies en cuanto a la capacidad para desarrollarse dentro de un paisaje determinado, de modo que las menos adaptadas quedan excluidas de la comunidad. Además, también algunas áreas de pino-encino cambiaron para el establecimiento de huertas de cultivos más rentables como el aguacate y papa que se ha trasladado del valle de Zamora a las partes altas de la meseta purépecha, pasando el uso agrícola de 24.1% a 28.9 % (76761.5); incremento que corresponde a superficie con nuevos cultivos, mas rentables como el brócoli, fresa, zarzamora, etc, (SEDRU, 2009).

Conclusiones

El cambio de uso de suelo en la cuenca del Rio Duero se está llevando a cabo principalmente en la vegetación pino-encino, donde se está presentando una sucesión vegetal hacia el matorral subtropical y al cambio en el patrón de cultivos rentables como el aguacate, brócoli, papa, frutales y consecuentemente un incremento de las zonas urbanas.

Literatura Citada

- COFOM (Comisión Forestal del Estado de Michoacán). 2009. Página electrónica: cofom.michoacan.gob.mx/index.
- Cruz-Cárdenas, G., Ortiz-Solorio, C. A. Ojeda-Trejo, E., Sotelo-Ruiz, E. D., and, Licona-Vargas, A. L. 2010. Evaluation of four digital classifiers for automated cartography of local soil classes based on reflectance and elevation in Mexico. *International Journal of Remote Sensing* 31: 665-679.
- Díaz, G. J. R., García, G. G., Castillo, A. O. y March, M. I. 2001. Uso del suelo y transformaciones en un ejido de la reserva de biosfera Calakmul, Campeche, México (Parte). *Investigaciones Geográficas (Mx)* 44: 39-53.
- Kandus, P. 1998. El concepto de sucesión vegetal y su aplicación en sistemas de humedales deltaicos. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires Argentina.
- Lo, P. C., and Yeung, W. A. K., 2007, *Concepts and techniques in Geographic Information Systems* (Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall).
- Mas J.F., T. Fernández. 2003. Una evaluación cuantitativa de los errores en el monitoreo de los cambios de cobertura por comparación de mapas. *Investigaciones Geográficas (Mx)* 51:73-87.
- Ojima, D. S., K. A. Galvin and B. L. Turner II (1994), "The global impact of land-use change", *BioScience* 44: 300-304.
- SEDRU (Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Michoacán). 2009. Estadísticas Agrícolas. Pagina electrónica: www.oedrur-portal.gob.mx

REPRESAS FILTRANTES: TÉCNICAS PARA REDUCIR LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Andrade Limas, Elizabeth del Carmen¹, Espinosa Ramírez, Martín², Rodríguez Rodríguez, Héctor¹ y Rivera Ortiz, Patricio¹.

¹Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas, ²Campo Experimental Río Bravo (CIRNE-INIFAP), México. E-mail: eandrade@uat.edu.mx

Resumen

El estudio se realizó al norte de Tamaulipas, en una superficie agrícola-ganadera de 53.817 ha. La zona presenta problemas de erosión hídrica y eólica, ocasionados por las características de los suelos y el clima, pero acentuados por las actividades humanas. Los factores causativos son el sobrepastoreo y las prácticas agrícolas inadecuadas; la sobreexplotación de la vegetación (recolección de leña y producción de carbón); las actividades industriales de exploración y perforación de PEMEX, lo que afecta la superficie evaluada, y contribuye a agravar la erosión. Para evaluar este proceso y minimizar sus efectos, se utilizaron métodos de control de la erosión hídrica en campo. Para lo cual se instalaron tres diferentes tipos de represas filtrantes para evaluar la erosión/sedimentación. En lugares con cárcavas se construyeron diques filtrantes con malla "borreguera", ramas y alambre quemado; con malla ciclónica, nopal y ramas; y represas filtrantes donde se usaron esquejes de flor de la Mañana (*Ipomoea carnea*), para retener los sedimentos erosionados, evitar la profundización de las cárcavas y restaurar y conservar los suelos. Se concluyó que el control de la erosión hídrica en cárcavas, a través de la modificación de la rugosidad del suelo mediante la colocación de estructuras físicas que modifican la velocidad del flujo, tienen un impacto positivo en el control de la erosión de suelos.

Palabras clave: Represas filtrantes, Conservación, Erosión hídrica

Abstract

The study was conducted in northern Tamaulipas, in an area of 53,817 agricultural and livestock has. The area has problems of water and wind erosion, caused by soil characteristics and climate, but exacerbated by human activities. The causative factors are overgrazing and inappropriate agricultural practices, overexploitation of vegetation (firewood and charcoal production), industrial activities, exploration and drilling for PEMEX, and aggravating erosion. To evaluate this process and minimize its effects, methods were used to control water erosion in the field. To which were installed three different types of filter dams to assess the erosion / sedimentation. In places where dams were built gullies mesh filter "borreguera" branches and burnt wire, mesh and cyclone and cactus branches and dams which used filter flower cuttings Morning (*Ipomoea carnea*), to retain sediment eroded avoid the deepening of gullies and restore and conserve soils. It was concluded that control of water erosion gully, through the modification of the roughness of the ground by placing physical structures that change the flow rate, have a positive impact in controlling soil erosion.

Key Words: filter dams, conservation, water erosion.

Introducción

Una de las mayores preocupaciones en materia de conservación y aprovechamiento de los recursos naturales en México lo constituye la conservación de los suelos. De manera general, se considera que más del 80% del territorio nacional está afectado por problemas de pérdida de suelos por degradación, debido a las características naturales y por acción humana. La causa principal de este problema, radica en la forma en que se ha trabajado este recurso bajo los esquemas de producción agropecuaria y forestal. Los procesos como la deforestación, sobrepastoreo, la apertura de suelos frágiles al cultivo y la ganadería, el monocultivo, el uso indiscriminado de agroquímicos, la urbanización entre otros, han ocasionado efectos sobre la cantidad y la calidad de los suelos de uso productivo. La erosión del suelo es uno de los factores más importantes que determinan la productividad y sostenibilidad de las zonas de agricultura de temporal.

Los problemas generados por la erosión en el norte de Tamaulipas rebasan los efectos *in situ*, extendiéndose sobre la agricultura productiva, vías de comunicaciones y las poblaciones de la región, por lo que es urgente generar alternativas del uso de la tierra para reducir la erosión, la contaminación

del aire, la evaporación del agua, mejorar la productividad agrícola y difundir las estrategias tecnológicas y organizativas para lograrlo. La erosión hídrica es uno de los procesos de degradación más conocidos, el problema que representa depende de la manera en que se combinen los factores e interacciones que intervienen en el proceso: clima, topografía, cobertura vegetal y prácticas de conservación (FAO, 1977). La superficie que actualmente se encuentra afectada por este fenómeno, en la región norte del estado, es aproximadamente de 980 mil hectáreas. Las estaciones secas características de la región, las cuales son muy marcadas, producen degradación de dos maneras distintas: la concentración de lluvias y la agricultura intensiva en pocos meses del año, generan condiciones propicias para la erosión hídrica; el período seco, sin producción de biomasa vegetal, genera condiciones favorables para que ocurra sobrepastoreo y por lo tanto, se crean condiciones ideales para que se produzca la erosión eólica en algunas zonas.

La erosión del suelo, es una importante causa de degradación del medio ambiente y uno de los factores limitantes más críticos que enfrentan los productores, la pérdida de la capa fértil y arable del suelo debido al arrastre descomposición y lixiviación de materia orgánica y de los coloides minerales, trae consigo la disminución de la productividad de los suelos, afectando la economía de los núcleos familiares. En general, el control de cárcavas es difícil y costoso. La restauración de un área erosionada demanda tiempo, trabajo y capital, de ahí la necesidad de tener un plan bien elaborado en la restauración de suelos. Las barreras, diques o represas filtrantes son una técnica de conservación de suelos aplicable a suelos arables y no arables y a diferentes sistemas de producción. El objetivo planteado fue el de establecer medidas de restauración y conservación de suelos, con distintos materiales utilizados como represas filtrantes para controlar el proceso de la erosión hídrica.

Materiales y Métodos

El ensayo fue desarrollado durante el periodo de lluvias entre el 2008 y 2010, la zona de estudio se localiza en la región noreste del Estado de Tamaulipas, dentro del municipio de Reynosa, colindando al norte con la cabecera municipal de Reynosa, al sur con el municipio de Méndez, al este con el municipio de Río Bravo y al oeste con el Estado de Nuevo León, en una superficie aproximada de 53,817 hectáreas, en predios de productores, del sector social y de pequeños propietarios, cuya actividad es el cultivo del sorgo o de pastas para el ganado, basados en un modelo de aprovechamiento de producción y productividad desde la década de los años 1970; la selección de los puntos de trabajo se hizo de acuerdo con los recorridos de campo, con ayuda de las cartas topográficas, así como con la participación de los productores, quienes señalaron los sitios de trabajo con problemas de erosión de suelos; se ubicaron las zonas con problemas de erosión hídrica y se clasificaron de acuerdo con el grado de deterioro de los suelos, desde pequeños canalillos hasta cárcavas grandes y profundas.

Una vez identificadas las zonas erosionadas, se procedió a realizar la evaluación de las mismas, la cual consistió en el levantamiento de las coordenadas geográficas por medio del G.P.S del punto inicial y punto final, continuando con la determinación de la pendiente de la cárcava, la longitud, ancho y profundidad de la cárcava. Con las variables obtenidas en campo se definió la capacidad volumétrica y el espaciamiento entre presas. El establecer estas estructuras en las cárcavas fue para disminuir la velocidad del agua de escorrentía, reducir al máximo su poder erosivo y evitar su crecimiento, tanto a lo largo, ancho y hacia el fondo (longitud, anchura y profundidad). Las represas para el control de la erosión y estabilización de las cárcavas, se construyeron con diferentes materiales. **Represas filtrantes con malla y ramas**, en general consiste en clavar anclas al suelo, a una profundidad de 60 centímetros, para sujetar la malla ganadera a ellas con alambre quemado, se refuerza la plantilla para que la tela quede parcialmente enterrada y doblada, y se ponen ramas perpendiculares a la malla, con el fin de disminuir la velocidad del flujo del agua y así retener el suelo. **Represas filtrantes con malla ciclónica**, son estructuras donde se cavan de 2 a 4 pozos, dependiendo de lo ancho de la cárcava, se entierran postes de 4" por 4" extendiéndose tela ciclónica a lo ancho, y clavándola a los postes, posteriormente se siembran plantas de nopal (*Opuntia engelmannii*), en la base de la tela y se acomodan ramas, las cuales servirán de barrera para detener el arrastre del suelo en la época de lluvias. **Represas filtrantes con vegetación** (barreras vivas), generalmente lo que se persigue, es hacer posible el crecimiento de una cubierta vegetal en las cárcavas para que su estabilización sea total; para la construcción de las represas con vegetación se usaron esquejes de flor de la Mañana o Mañanitas (*Ipomoea carnea*), los cuales ayudaron a restablecer la superficie erosionada, y dado que su eficacia y

adaptabilidad son positivas para la zona, sólo se obtuvieron las varetas para su establecimiento, ya que se reproducen de manera asexual y en el mismo predio se consiguió el material vegetativo. Una vez seleccionados los sitios de trabajo, se instalaron las líneas de los tallos transversales al escurrimiento.



Figura 1. Tipos de Represas filtrantes, de izquierda a derecha: malla ciclónica y ramas, malla borreguera y ramas, y barrera viva

El número de represas por construir, dependió de la pendiente y largo de la cárcava. Los sitios experimentales fueron establecidos en terrenos agrícolas. De acuerdo con la clasificación de FAO/UNESCO los suelos de los dos sitios de trabajo están integrados por dos asociaciones de suelos (Leptosol y Kastañosem) (INEGI, 1983). Para llevar un control y seguimiento en el comportamiento y recuperación del suelo con las represas filtrantes de diferentes estructuras, se generó una base de datos, con número de represa, localización geográfica de cada una de esas estructuras construidas, y volumen de suelo recuperado. Después de obtener los resultados de campo, se procedió a realizar el análisis de varianza correspondiente de las variables de respuesta: volumen y superficie, así como la prueba de comparación de medias (Tukey) cuando fue necesario.

Resultados y Discusión

De acuerdo con los recorridos de campo, con ayuda de las cartas topográficas, así como con la participación de los productores, quienes señalaron los sitios de trabajo, se ubicaron las zonas con problemas de erosión hídrica y se clasificaron de acuerdo con el grado de deterioro de los suelos, desde pequeños canalillos hasta cárcavas grandes y profundas. Se identificaron 172 cárcavas, de las cuales se realizaron trabajos en 45, debido a que en algunas de ellas requieren obras hidráulicas construidas de otros materiales a los propuestos, como son; mampostería y concreto. Se construyeron un total de 15 represas filtrantes de cada tipo consideradas en el ensayo, localizadas en el ejido El Grullo y en el rancho El Roble.

Una vez identificadas las zonas erosionadas, se procedió a realizar la evaluación de las mismas, la cual consistió en el levantamiento de las coordenadas geográficas por medio del G.P.S, continuando con la determinación de la pendiente de la cárcava, longitud, ancho y profundidad de la cárcava. Con las variables obtenidas en campo se definió la capacidad volumétrica y el espaciamiento entre represas. Con el nivel fijo se determinó la pendiente media de la cárcava. La variación en la longitud de las cárcavas fue desde 10 hasta 700 metros. La longitud total de las cárcavas fue de 3 kilómetros; el espaciamiento estimado entre presas varió entre 15 y 25 metros, lo cual dependió de la topografía. El volumen total de suelo que fue retenido corresponde a 63.27 m^3 , de acuerdo con la textura del suelo,

que en la mayoría de los sitios es arcillosa, por lo que el peso del suelo fue equivalente a 82.25 toneladas, en los puntos evaluados, sin considerar otras formas de erosión como es la eólica o la hídrica de tipo laminar.

Las profundidades de las cárcavas variaron desde 30 centímetros hasta 1.2 metros, lo cual se debe a la presencia de una capa endurecida, que se caracteriza con tener altos contenidos de arcilla y por el origen geológico del suelo (rocas sedimentarias), que tienen altos contenidos de carbonatos de calcio, lo anterior propició que el ancho de las cárcavas fueran variables, dependiendo de las condiciones físicas del lugar, encontrándose que los valores variaron desde 90 centímetros hasta 17 metros. Las longitudes de cárcavas más largas se presentaron en los sitios donde la actividad de exploración y explotación de gas se da en mayor medida, así como con la interacción de la agricultura y zonas de pastos, es importante señalar que ésta última actividad es reciente ya que en la actualidad se tiene un programa de cambio de uso de suelo.

Una acción importante fue la evaluación de resultados, ya que indica el impacto de las acciones realizadas en la zona de estudio. La medición se llevó a cabo después de la presencia de lluvias, de tal manera que se realizaron cinco muestreos, considerando a la superficie restaurada, y volumen de azolve retenido. Las prácticas para el control del escurrimiento no solamente tienen como función frenar la velocidad del agua que fluye sobre la cárcava, su efecto va ligado al mejoramiento de la infiltración, por consiguiente al aumento de la humedad en el suelo y renovación de la vegetación.

Cuadro 1. Datos de los tres tipos de Represas Filtrantes ubicadas en el ejido El Grullo y rancho El Roble, municipio de Reynosa, Tamaulipas.

TIPO DE REPRESA	ANCHO (m)	LARGO (m)	PROF (m)	VOL. (M3)
RF MALLA CICLÓNICA	2.30	431.33	0.27	26.41
RF MALLA BORREGUERA Y RAMAS	7.04	191.65	0.70	15.51
RF BARRERAS VIVAS	17.72	201	0.60	21.35

De acuerdo con los resultados obtenidos, la cantidad de suelo restaurado en promedio por tipo de represa (malla ciclónica, borreguera y barrera viva), fue de 26.41, 15.51 y 21.35 toneladas, respectivamente, por consiguiente las 15 represas tienen capacidad potencial de restauración de 82.25 toneladas, considerando que las represas con barreras vivas llegaron a su capacidad máxima, por lo que se consideró que las obras tienen una mayor capacidad para la retención de suelo (Cuadro 1). Lo cual coincide con Ramírez y Oropeza (2001), quienes realizaron una evaluación de prácticas de conservación en el estado de Chiapas, con relación al uso del suelo y la erosión, se probaron tres tratamientos; sistema tradicional, como testigo, barrera viva de cocuite (*Gliricidia sepium*) con surcado al contorno y labranza de conservación, todos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Los resultados mostraron que los tratamientos, de barreras vivas con surcado en contorno y labranza de conservación tuvieron una mayor eficiencia para controlar el escurrimiento superficial, comparadas con el testigo.

Las obras realizadas tienen una acción positiva en la restauración de suelos de la zona, donde es importante considerar, el planteamiento de la ubicación de las represas que debe ser con base en una metodología de diseño, y el reforzamiento de éstas mismas, en puntos críticos, como aquellos de mayor pendiente, donde se tienen aportes laterales de flujo y el mantenimiento de las obras por daños por maquinaria agrícola, industrial, animales o por eventos extraordinarios como precipitaciones fuera de lo normal como los huracanes.

Conclusiones

La construcción de presas de malla ciclónica y madera influyó en la velocidad y gasto de flujo, originando la modificación de estas propiedades hidráulicas, de tal manera que los valores estimados permiten una velocidad no erosionable.

La construcción de represas de malla borreguera, ramas y alambre quemado, es una opción para la restauración y conservación de suelos, principalmente en aquellos sitios en donde las cárcavas no presentan profundidades mayores de medio metro.

Las represas con barreras vivas llegaron a su capacidad máxima, por lo que se consideró que las obras tienen una mayor capacidad para la retención de suelo. La principal ventaja es que su construcción resulta económica, se establecen fácilmente y se cuenta con disponibilidad de material vegetativo en las propias comunidades.

En la zona se debe de fomentar la construcción de represas filtrantes en cualquier modalidad, siempre y cuando sea con materiales biodegradables, la difusión de programas de conservación de suelos y agua, considerando el cambio de uso del suelo, para que los productores tengan información sobre el uso y manejo de los suelos para su restauración.

Literatura Citada

FAO. 1997. Assessing soil degradation. Boletín de Suelos. No. 34. Roma. 84p.

Instituto Nacional de Estadística e Geografía e Informática. 1983. Síntesis Geográfica de Tamaulipas. México D.F.

Ramírez C. M. E., y Oropeza M. J. L., 2001. Eficiencia de dos prácticas productivo-conservacionistas para controlar erosión de laderas en el trópico. *Agrociencia* 35: 489-495.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE VERIFICACIÓN DE CAMPO EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN RUMBO AL MAPA NACIONAL DE EROSION DEL SUELO

Tello Taracena, Héctor Antonio¹, Xix Aké Gilberto Román²

Coordinación Estatal Quintana Roo, Instituto Nacional de Estadística y Geografía¹. E-mail: hector.tello@inegi.org.mx

Dirección Regional Sureste, Instituto Nacional de Estadística y Geografía². E-mail: gilberto.xix@inegi.org.mx

Resumen

La erosión del suelo, se considera como uno de los factores indicadores de degradación de los ecosistemas, es uno de los principales procesos de desertificación. En México y particularmente en la Península de Yucatán, la información que se tiene sobre la estimación de la superficie erosionada es escasa. Para contribuir a lo anterior, el objetivo fue realizar la verificación de campo para localizar y delimitar las diferentes formas y grados de erosión del suelo a escala 1:250 000. Por lo que se utilizó la información básica y temática digital como fuente de apoyo para la detección de áreas erosionadas permitiendo la identificación con mayor precisión, así como la extrapolación de la información en zonas de condiciones ecológicas similares mediante el análisis integral de los datos por sobreposición y combinación de imágenes spot pancromáticas, multiespectrales y ortofotos. La verificación de campo se realizó del 2 de junio de 2009 al 7 de agosto de 2010, localizando y delimitando la presencia de la erosión hídrica laminar principalmente.

Palabras clave: formas, erosión y áreas.

Abstract

Soil erosion is regarded as one of the prognostic factors of ecosystem degradation is a major desertification processes. In Mexico and particularly in the Yucatan Peninsula, the information you have on the estimation of the eroded surface is small. To contribute to this, the objective was to conduct field verification to locate and define the various forms and degrees of soil erosion at 1:250 000 scale. As used digital basic and thematic information as a source of support for the detection of eroded areas allowing more precise identification and extrapolation of information in areas with similar ecological conditions through comprehensive analysis of the data by overlaying combination of images and spot panchromatic, multispectral and orthophotos. Field verification was conducted from June 2, 2009 to August 7, 2010, locating and defining the presence of water erosion mainly sheet.

Key words: However, erosion and areas

Introducción

La erosión del suelo es considerada en la edafología aplicada y en la agricultura en general como erosión acelerada o sea, aquella resultante de la perturbación del paisaje natural, usualmente provocada por las actividades humanas. Las primeras estimaciones nacionales sobre la degradación de los suelos en México se realizaron a mediados de los años cuarenta. Los esfuerzos más recientes se iniciaron en la década de los noventa e incluyeron no sólo la evaluación de la erosión, sino también los procesos relacionados con las actividades humanas que degradan el suelo. En 1997, la entonces Semarnap preparó un Mapa de la Evaluación de la Degradación del Suelo a escala 1:4,000,000 que sirvió como base para una evaluación más detallada en 1999 (a escala 1:1,000,000) siguiendo la metodología GLASOD (Global Assessment of Soil Degradation, 1988). Según el estudio, 64% de los suelos del país presentaban o estaban en el área de influencia de los procesos de degradación (SEMARNAT, 2008).

Aunque la evaluación de 1999 aportó información valiosa, su escala la hacía inadecuada para diseñar programas de manejo o de restauración de suelos. Por esta razón, en 2001, como parte del Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2000-2006 que realiza la Semarnat, se llevo a cabo el proyecto —Evaluación de la Degradación de los Suelos Causada por el Hombre en la República Mexicana a

escala 1:250,000", en colaboración con el Colegio de Postgraduados. Su elaboración se hizo a partir de una valoración directa de los suelos de México en campo y se basó en la metodología de Evaluación de la Degradación del Suelo causada por el hombre, propuesta por Van Lyden y Oldeman, conocida como ASSOD (Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation, 1997, promovida por la FAO), la cual se fundamenta en la metodología de GLASOD con algunas modificaciones, tal como la eliminación del proceso de degradación biológica debido a que se buscó homogeneizar la instrumentación de la metodología ya que dicho proceso era estimado a través de diferentes variables según la disponibilidad de información que tuviese cada país. Sin embargo, se mantiene un acercamiento de la metodología ASSOD a la degradación biológica a través de la incorporación de la pérdida de fertilidad del suelo dentro de la degradación química (SEMARNAT, 2008).

La Península de Yucatán se ubica en la porción sureste de la República Mexicana (ver mapa 1) y está comprendida entre las coordenadas geográficas 17° 49' 00" y 21° 36' 00" de Latitud Norte y 86° 45' 00" y 91° 20' 00" de Longitud Oeste; abarca una superficie de 141,523 km² conformada por la totalidad de los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán; limita al norte y al oeste con el Golfo de México, al sur con la República de Guatemala y Belice, al suroeste con el estado de Tabasco y al este con el Mar Caribe. En total consta de 127 municipios, 11 de los cuales pertenecen al estado de Campeche, 9 a Quintana Roo y 106 a Yucatán. La plataforma emergida de la península de Yucatán ha sido descrita como una plataforma masiva de calizas horizontalmente estratificadas y subdividida por varios autores en dos regiones fisiográficas: una planicie al Norte y una región de colinas al Sur que se extiende hasta el Norte de Guatemala. No existe drenaje superficial, toda el agua de lluvia que no se evapora en la superficie del terreno se infiltra a través de las dolinas y de otras aberturas que se encuentran en el terreno rocoso, el suelo se encuentra en pequeños y delgados manchones y como relleno en las fisuras de las rocas. Sin embargo, soporta una vegetación tropical muy densa compuesta de árboles altos, maleza y plantas trepadoras.

El objetivo del presente trabajo, fue realizar la verificación de campo en la Península de Yucatán para localizar y delimitar las diferentes formas y grados de erosión del suelo a escala 1:250 000 para ser incorporado al mapa nacional de erosión del suelo.



Mapa 1. Ubicación geográfica.

Materiales y Métodos

Para evaluar la erosión se han desarrollado numerosos modelos unos con el objeto de predecir la erosión, y otros modelos cuyo propósito es reconocer la erosión ya existente. En este sentido se reconocen los modelos cualitativos y cuantitativos. El primero, generalmente se emplea en estudios de reconocimiento, cuyo objetivo es una evaluación general de amplias zonas. Estos modelos estiman la erosión actual acudiendo directamente al campo y reconociendo las distintas formas de erosión, y estimando el grado mediante la ponderación de los factores de los que depende. Con ello se realiza una

evaluación cualitativa de la erosión en la que se identifican y se atribuyen categorías, niveles o clases. La subjetividad juega un papel importante, apoyándose por supuesto con un SIG.

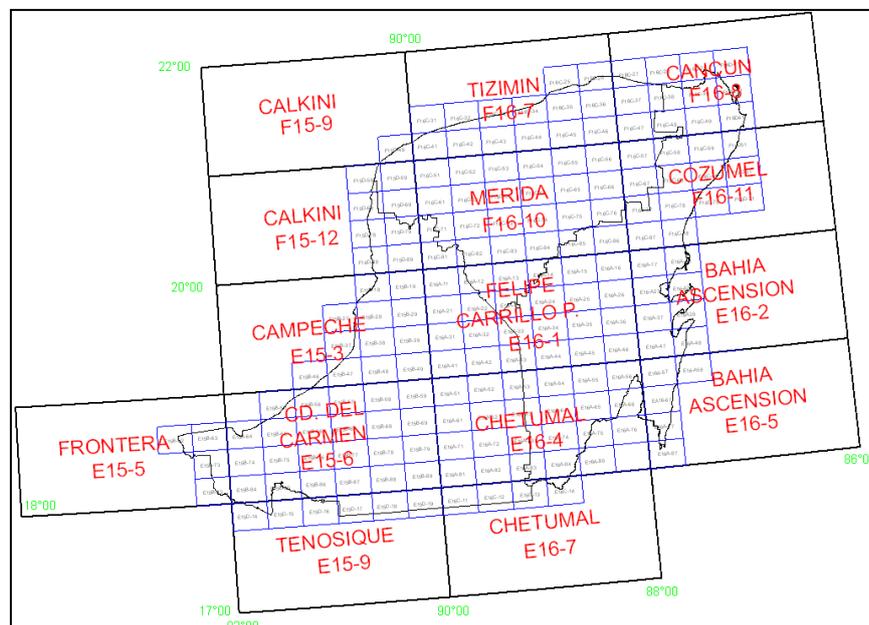
El segundo se utiliza para estudios más detallados, en los cuales se necesita más información de los suelos, para construir el sistema evaluador y a la hora de emplearlo sea más fácil dar una clasificación.

El Departamento de Suelos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) está utilizando un Modelo Cualitativo, cuyo propósito es reconocer la erosión existente. Los métodos cualitativos empleados por el INEGI hacen uso intensivo de los recorridos de campo y las fotografías aéreas, manipulando documentos cartográficos (Cartografía Temática) previamente existentes, en el INEGI siendo igualmente importante una fase de constatación y validación en campo.

Determinar el método y tratamiento para evaluar la erosión, es base fundamental de un trabajo de cartografía como este, puesto que es imposible recorrer o visualizar mediante un SIG, absolutamente todos los rincones del territorio. Por tanto se requiere de un método que sea capaz de extrapolar información puntual dentro de una cuenca o conjunto y para este caso, de la Península de Yucatán.

Esta cartografía persigue, como finalidad principal, expresar la situación actual o potencial de erosión en nuestro territorio para permitir conocer cómo se han de distribuir las medidas de conservación del suelo o con diferentes objetivos

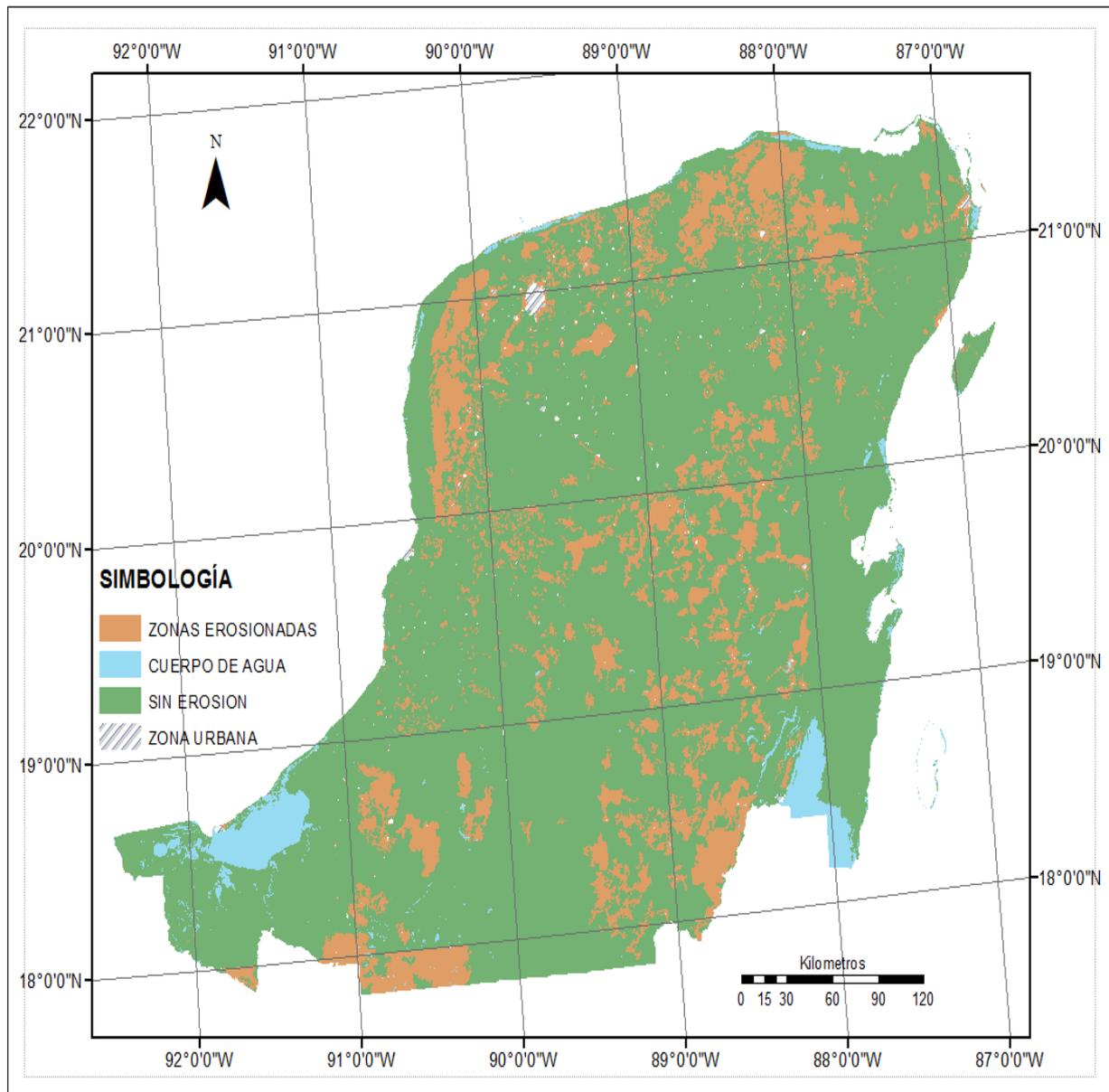
Para realizar la verificación de campo fue necesario dividir la Península de Yucatán en 15 conjuntos de datos de acuerdo a la división utilizada en el Inventario de Información Geográfica del INEGI. Para llevar a cabo estos trabajos, primero se dividió la Península de Yucatán en Cuencas Hidrográficas, para posteriormente hacerlo dividiendo el territorio en Cartas o Conjuntos escala 1:250,000 los cuales a su vez se subdividieron para su análisis en cuadrículas escalas 1:50,000 utilizando como insumo principal las ortofotos escala 1:20,000 y 1:10,000 según fuera el caso y la existencia de dicho insumo (ver mapa 2). Se utilizaron además insumos como: cartas temáticas escala 1:250,000 de Uso de Suelos y Vegetación Serie III, Carta Edafológica Serie II, Carta Geológica, Carta Topográfica y Carta de Climas entre otras. Se realizaron supervisiones tanto de gabinete como de campo con el fin de aplicar los criterios homogéneos de clasificación de los tipos, formas y grados de erosión del suelo.



Mapa 2. Cobertura Regional del Mapa de Erosión del Suelo.

Resultados y Discusión

Durante el recorrido de campo realizado en la Península de Yucatán, se identificaron zonas afectadas por erosión hídrica laminar principalmente (ver mapa 3).



Mapa 3. Erosión del suelo en la Península de Yucatán.

Cuadro 1. Especialistas responsables y conjuntos verificados.

Conjuntos Verificados	15
Especialistas Responsables	5
Hector Antonio Tello Taracena	Coordinación Estatal Quintana Roo
César Humberto Ojeda Bates	Coordinación Estatal Yucatán
José Trejo Mata	Coordinación Estatal Campeche
Wuendy Berenice Cantarell Jiménez	Coordinación Estatal Campeche
Gilberto Román Xix Aké	Dirección Regional Yucatán

Conclusiones

La metodología utilizada por el INEGI, a nivel nacional y en el caso específico de la dirección Regional Sureste, pretende plasmar la dinámica actual de los procesos de pérdida de suelo por erosión, con independencia de cómo se haya desarrollado con anterioridad la erosión geológica

Se constituye así una base de datos de la que salieron unidades homogéneas por combinación de los factores antes mencionados. En este estudio se pone un gran esfuerzo por conocer el estado erosivo en los conjuntos principalmente los que representan un grave problema al extrapolar a partir de unidades geométricas creadas con criterios basados en cartografía temática mismos que se vinculan a unidades de tipo edáfico. Los resultados representan el primer gran esfuerzo a nivel semidetallado y con criterios homogéneos para conocer el gran problema de la erosión de Suelo en la Península de Yucatán y en todo el territorio nacional.

Literatura Citada

INEGI. Continuo de Conjuntos de Datos Vectoriales de Erosión del Suelo, esc. 1:250 000. Serie I.

INEGI. Metodología para Generar el Mapa Nacional de Erosión del Suelo, escala 1:250 000. 2011.

http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/compendio_2008/compendio2008/10.100.8.236_8080/ibi_apps/WFServlet7e34.html

REGENERACIÓN DE LA VEGETACIÓN Y SU EFECTO EN LA CONSERVACIÓN DE SUELOS EN TERRAZAS DEL MUNICIPIO CENTRO, TABASCO

Sánchez Pérez, Blanca Rebeca¹, Castillo Acosta, Ofelia², Zavala Cruz, Joel³
División Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco^{1,2}.
mayrane125@hotmail.com. Colegio de Postgraduados, Campus Cárdenas, Tabasco³.

Resumen

La regeneración es un proceso que ocurre después de la perturbación de la vegetación, por las actividades antrópicas o por eventos naturales. Al eliminar la cobertura vegetal también se alteran las propiedades físicas y químicas del suelo, por lo que es importante proteger la vegetación para evitar la degradación del suelo. El objetivo de esta investigación fue evaluar la regeneración natural de la vegetación y su efecto en la conservación del suelo en Terrazas del Mioceno del municipio Centro, Tabasco. En la terraza de la Reserva Ecológica del Yumka se establecieron 10 cuadros de 10 x 10 m y de manera aleatoria se colocaron cuatro cuadros de 1 x 1 m, para evaluar la regeneración y se describió un perfil de suelos, además se realizó la cartografía de la vegetación. Del primer censo efectuado en el área se obtuvo que el luin (*Ampelocera hottlei*) es la especie que presenta la mayor abundancia de individuos juveniles, seguida de *Platymiscium yucatanum*, en cambio el ramón (*Brosimum alicastrum*) es el menos abundante. La unidad de suelo que se reporta en la terraza es Alisol Cutánico Úmbrico (Férrico, Abrúptico, Hiperdístico, Arcílico) ALctum (fraphddvce) es uno de los suelos dominantes en las terrazas se caracteriza por ser ácido, bajo en saturación de bases, muy bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo y en CIC.

Palabras clave: regeneración, conservación y abundancia.

Abstract

Regeneration is a process that occurs after disturbance of vegetation by human activities or natural events. By removing vegetation cover also alter the properties and chemical soil fiscal, making it important to protect the vegetation to prevent soil degradation. The objective of this research was to evaluate the natural regeneration of vegetation and its effect on soil conservation in the municipality Miocene Terrazas Centre, Tabasco. On the terrace of the Ecological Reserve was established Yumka 10 frames of 10 x 10 m randomly placed four boxes of 1 x 1 m, to evaluate the regeneration and described soil profile also performed mapping the vegetation. The first census in the area it was found that the luin (*Ampelocera hottlei*) is the species with the highest abundance of juveniles, followed by *Platymiscium yucatanum*, whereas the Ramon (*Brosimum alicastrum*) is the least abundant. The soil unit is reported on the terrace is Alisol Skin umbric (Ferric, abrupt, Hiperdístico, clay) ALctum (fraphddvce) is one of the dominant soils on the terraces is characterized by acid, low base saturation, low organic matter, nitrogen and phosphorus and CIC.

Key words: regeneration, conservation and abundance

Materiales y métodos

El área de estudio se localiza en el Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza Yumka' (CICNY) y sus alrededores, en el ejido Dos Montes, a 17 km al este de la Ciudad de Villahermosa. Sus coordenadas geográficas son: 17° 59' 26" y 18° 00' 34" de latitud norte, y 92° 47' 52" y 92° 48' 52" de longitud oeste. Forma parte de la región ecogeográfica terraza o planicie estructural de sedimentos de lutitas y areniscas del Terciario Mioceno (Ortiz-Pérez *et al.*, 2007). El clima es cálido húmedo con lluvias en verano Am (f) w" (i) g, con una temperatura media anual de 27°C y una precipitación anual de 2168 mm (García, 1988). Los suelos dominantes son Luvisoles cutani-férricos y los Gleysoles éutricos (Zavala *et al.*, 2009). La vegetación es selva mediana subperennifolia con especies de palma de corozo (*Scheelea liebmannii*), guano yucateco (*Sabal mauritiforme*), huapaque (*Dialium guianense*) y ramón (*Brosimum alicastrum*).

En la selva del Yumka' se establecieron 10 cuadros de 10 x 10 m y en cada uno se colocaron cuatro cuadros de 1 x 1 m (Mostacedo y Fredericksen, 2000) para evaluar la regeneración de la vegetación, se

censaron todas las plantas < 1.30 m, la altura se midió con un flexómetro de 2 m. Las muestras se trasladaron al Herbario UJAT para su proceso de secado y herborización (Lot y Chiang, 1985) posteriormente se procedió a la identificación taxonómica. Los datos del perfil de suelos se retomaron de Vázquez-Negrin, 2011 (datos no publicados) quien realizó una evaluación de la composición florística y descripción de suelos. En el mismo sitio se evaluará la regeneración natural de la vegetación y su efecto en la conservación de suelos. El perfil de suelos fue de 1.2 m de ancho X 1.5 m de profundidad, la descripción se hizo con base en Cuanalo (1990). Por cada horizonte se colectó 1 kg de suelo y se colocó en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio de suelos del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. La clasificación de suelo se realizó de acuerdo a la Base Referencial Mundial del Recurso de Suelo (IUSS *et al.*, 2007).

Resultados

Los resultados preliminares de este trabajo reportan un total de individuos censados fue de 100, representados en seis especies.

Cuadro 1. Especies más abundantes en el Área Protegida Yumka

Espece	Abundancia
<i>Amphelocera hottle</i>	44
<i>Platymiscium yucatanum</i>	30
<i>Brosimun alicastrum</i>	12

El suelo que se reporta en la terraza del Área Natural Protegida Yumka es Alisol Cutánico Úmbrico (Férrico, Abrúptico, Hiperdístico, Arcílico) ALctum (fraphddvce) esta unidad de suelo es muy arcilloso, ácido, sin problemas de salinidad, muy bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, de la misma manera bajo en bases intercambiables y en CIC.

En este trabajo se presentan resultados preliminares ya que todavía falta realizar más muestreos en vegetación y suelos para cumplir con los demás objetivos planteados.

Discusión

La principal especie en regeneración de la selva mediana subperinnifolia del Yumka es *Amphelocera hottlei* tal como lo reporta Vázquez-Negrin (2011) quien recientemente evaluó la composición florística de la vegetación del Yumka. El grupo de suelo de la terraza coincide con lo reportado por Ortiz-Pérez *et al.* (2007) y Palma-López *et al.* 2007, mencionan que en las terrazas los grupos de suelos dominantes son Alisol, Acrisol y Cambisol. De acuerdo a los datos del suelo podemos decir que la especie con mayor abundancia se adapta a las condiciones microambientales del sitio así como de las características del suelo que se reporta siendo ácido, además presenta bajo contenido de Nitrógeno y Fosforo ya que estos nutrientes son esenciales para el desarrollo de las plantas. Para la conservación de suelos es necesario mantener la cobertura vegetal ya que al perturbar este ecosistema también se alteran las propiedades físicas y químicas del suelo esto genera severos problemas para el establecimiento de la vegetación.

Conclusiones

Amphelocera hottlei es la especie con mayor número de individuos en regeneración a nivel de plántulas y juveniles en la selva mediana subperennifolia presente en la terraza de la Reserva Ecológica Yumka. Esta especie se adapta a las condiciones del suelo presente en esta terraza que se caracteriza por ser un suelo ácido además de presentar bajos contenidos de materia orgánica, fosforo, potasio y CIC.

La vegetación proporciona diversos beneficios dentro de un ecosistema uno de ellos es la conservación de suelos por ello es necesario preservar la cobertura vegetal para reducir el deterioro del suelo y de esta manera mantener sus propiedades físicas y químicas todo esto genera que haya una buena regeneración natural de la vegetación.

Literatura citada

- Becerra, M. A. 1998. Conservación de suelos y desarrollo sustentable, ¿Utopía o posibilidad en México? *Terra Latinoamericana* 16(2): 174-179.
- Betancourt, Y. P., J. González Ríos, B. Figueroa Sandoval, F. González Cossio. 1999. Materia orgánica y caracterización de suelos en proceso de recuperación con coberturas vegetativas en zonas templadas de México. *Terra Latinoamericana* 17(2): 139-148.
- Cuanalo, de la C. H. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Centro de Edafología. 3ª. Edición. Colegio de Postgraduados. Chapingo estado de México, México. 40 p.
- IUSS, ISRIC y FAO. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización traducida al español por Mabel Susana Pazos. Informe sobre Recursos Mundiales de suelos No. 103. FAO, Roma.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) Offset Larios, México, D.F. 165 pp.
- Gómez-Pompa, A. y B. Ludlow-Wiechers. 1985. Regeneración de los ecosistemas tropicales y subtropicales. En: Investigaciones sobre la regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México. Gómez-Pompa, A., S. Del Amo, C. Vázquez-Yanes y C. Butand-Cervera. Continental, S. A. de C. V. México. Pp 11-30.
- Lot, A. F. Chiang. 1986. Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México. 142 pp.
- Mostacedo, B., T. S. Fredericksen. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia. 82 pp.
- Ortiz-Pérez, M. A., C. Siebe y S. Cram. 2007. Diferenciación ecogeográfica de Tabasco, Cap.14: 305-322. En Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (Eds.) Biodiversidad del Estado de Tabasco, 386 p. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México, 2005. ISBN 970-9000-26-8.
- Palma-López D. J., J. Cisneros D., E. Moreno C. y J. A. Rincón-Ramírez. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. Colegio de Postgraduados –ISPROTAB-FUPROTAB. Villahermosa, Tabasco, México. 195 p.
- Tudela, F. 1992. La modernización forzada del trópico: El caso de Tabasco, Proyecto Integrado del Golfo. El Colegio de México, CNVESTAV, FIAS, UNRISD. 477 pp.
- Zavala-Cruz J., O. Castillo A., A.I. Ortiz C., D.J. Palma-López, J. F. Juárez L., S. Salgado-García, J. A. Rincón- Ramírez, E. Moreno C., Ramos R. 2009. Capacidad de uso del suelo urbano en Tabasco, con base en suelo, uso actual y vegetación. Colegio de Postgraduados, Secretaria de Asentamientos y Obras Publicas, Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 204 p + anexo cartográfico.
- Vázquez, N. I., L. M. Gama Campillo, O. Castillo Acosta. 2011. Análisis florístico en la ecoregión terrazas de la Cuenca Baja del Río Grijalva. Tesis de Maestría. División Académica de Ciencias Biológicas. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 42 p.

EVOLUCION URBANA Y COMPORTAMIENTO DE CUENCAS HIDROLOGICAS EN EL VALLE DE SALTILLO

Dr Arturo Gallegos del Tejo
Dpto Ciencias del Suelo, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
agallegost@yahoo.com.mx

Resumen

Utilizando imágenes de satélite, documentos cartográficos y recorridos de campo, se realizó un estudio hidrológico detallado de las cuencas urbanas del Valle de Saltillo que drenan la sierra de Zapalinamé. Los cambios en la cobertura del suelo fueron evaluados a partir del análisis de imágenes de satélite (Ikonos 2002 y Google 2006) y ortofotos digitales (1994) se calcularon volúmenes de escurrimiento aplicando los valores propuestos por Marsh (1998) para tres periodos de tiempo. Los resultados indican un incremento superior al 100% en volumen de escurrimiento de 1994 a 2006 pasando de 918,000 m³ en 1994 a 2.26 millones de m³ en 2006; esta variación está asociada principalmente al crecimiento de la mancha urbana, la cual pasó de 9,992 ha en 1994 a 18,971 ha en 2006. La longitud total de la red de drenaje cubierta por la mancha urbana pasó de 112.75 km en 1994 a 236.55 km en 2006; esto es muy importante pues generalmente los cauces de los arroyos son transformados en calles o avenidas, afectando drásticamente el patrón de drenaje natural lo que implica riesgos naturales asociados a inundaciones dentro de la ciudad, ocasionando además un incremento exponencial en los procesos erosivos, aguas abajo de la mancha urbana.

Palabras clave: *escurrimiento, cuencas, erosión.*

Abstract

Using satellite imagery, mapping documentation and field trips, a hydrological survey was conducted in the urban watershed of the Valley of Saltillo that drain the Zapaliname Mountains. Changes in the coverage of the soil were evaluated by the analysis of satellite imagery (Ikonos 2002 and Google 2006) and digital orthophotos (1994); we calculate runoff volumes by applying the values proposed by Marsh (1998) for three periods of time. The results indicate an increase higher than 100% in runoff volume from 1994 to 2006 from 918.000 m³ in 1994 to 2.26 million m³ in 2006; this variation is associated mainly with the growth in the urban sprawl, which went from 9.992 in 1994 to 18.971 in 2006. There was an increase in total length of the drainage network covered by urban sprawl from 112.75 km in 1994 to 236.55 km in 2006; this is very important because commonly streams are converted in streets or avenues, drastically affecting the pattern of natural drainage which implies natural hazards associated with floods within the city, causing in addition an exponential increase in the erosive processes, downstream from the urban sprawl.

Key Words: *runoff, watershed, erosion.*

Introducción

La sustitución de las coberturas vegetales por construcciones civiles afecta en forma radical las relaciones suelo-agua, lo cual se traduce eventualmente en un incremento en los riesgos naturales, asociados principalmente a escurrimientos extremos o inundaciones. La accidentada topografía del valle de Saltillo y el acelerado crecimiento de la mancha urbana registrado en las últimas décadas contribuye sustancialmente al incremento en este tipo de riesgos ya que grandes extensiones de territorio con pendientes mayores a 5%, ocupadas por coberturas vegetales, son utilizadas para la construcción de fraccionamientos de alta densidad. La estabilidad de los taludes en la red de drenaje natural, se ve seriamente comprometida.

Para reducir estos riesgos naturales es fundamental comprender el funcionamiento de las cuencas urbanas del valle de Saltillo y definir un programa de desarrollo para este territorio que sea menos agresivo con el entorno natural, para ello, es necesario identificar en una primera etapa, aquellas unidades de paisaje que por su posición, cobertura y función en el ciclo hidrológico, deban ser preservadas, se requiere también definir con claridad las limitaciones en el aprovechamiento para uso urbano de aquellas unidades de territorio factibles para este fin. Las unidades de territorio ubicadas entre ambos extremos deben igualmente ser identificadas y manejadas racionalmente.

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Los objetivos planteados en la presente investigación son la elaboración de un diagnóstico detallado de riesgos naturales para el valle de Saltillo se realizó un estudio sobre la evolución urbana de 1994 a 2006 enfocado a:

- Realizar estimaciones sobre la tasa de crecimiento de la mancha urbana.
- Identificar las porciones de territorio o unidades de paisaje más sensibles a modificaciones en su cobertura vegetal.
- Evaluar el efecto de estas modificaciones sobre el comportamiento de las cuencas hidrológicas.

Materiales y Métodos

Para la realización del estudio se utilizó la siguiente información:

1. Carta topográfica G14C33 y G14C34 1:50000 de 1974, elaboradas por INEGI.
2. Archivos vectoriales 1:50,000 de las cartas G14C33 y G14C34, elaboradas por INEGI.
3. Plano urbano en formato digital de Saltillo (1998), elaboradas por INEGI.
4. Ortofotos digitales escala 1:75000 de 1994-1996 de cartas G14C33 y G14C34, elaboradas por INEGI.
5. Imagen Ikonos del valle de Saltillo escala 1:10000 de 2002.
6. Imagen (Google earth) Ikonos escala 1:25000 de 2006.

Como primer paso se utilizaron las ortofotos digitales para seleccionar diez sectores de 1.5 x 1.5 km ubicados en la periferia de la mancha urbana, en cada una de estas porciones de territorio se identificaron las coberturas existentes en las tres fechas consideradas: 1994, 2002 y 2006, considerando las siguientes categorías: uso urbano, uso agrícola, pastizal, matorral, bosque, área desnuda.

Para el manejo de la información se utilizó el programa ArcView 3.3, en todos los casos la escala de trabajo fue 1:5000 a 1:7500, por lo que los documentos generados podrían editarse a 1:10000 sin afectar la relación escala – precisión, aplicada en Cartografía (1). Una vez establecidas las cartas de uso actual en las tres fechas y para cada sector seleccionado, se procedió a evaluar el efecto de la destrucción de la cobertura original para ser ocupada por construcciones civiles; para ello, se consideraron los valores de coeficiente de escurrimiento propuestos por Marsh (1997), quien presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Coeficiente de escurrimiento (CE) para diversas coberturas (W. Marsh 1998).

Tipo de cobertura	Rango de CE
Forestal	0.07-0.20
Pastizal	0.10-0.45
Parcela agrícola	0.30-0.50
Centro de la ciudad	0.70-0.90
Zona residencial	0.40-0.70
Zona industrial	0.50-0.80
Área de ferrocarril	0.20-0.80
Parques y cementerios	0.10-0.25
Parques deportivos	0.20-0.40

Para fines del estudio estos valores fueron simplificados ya que la intención es realizar estimaciones preliminares del efecto del cambio en uso de suelo sobre el comportamiento de la red de drenaje natural en la zona urbana, los valores de CE para cada tipo de cobertura se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Valores de CE considerados en el estudio.

Tipo de cobertura	Rango de CE	Valores CE considerados
Uso urbano	0.40-0.70	0.70
Uso agrícola	0.20-0.35	0.30
Pastizal	0.10-0.20	0.20
Matorral	0.15-0.35	0.10

Resultados y Discusión

Para ilustrar el efecto del cambio en el uso del suelo sobre el comportamiento de la red de drenaje, se consideró una precipitación excepcional de 100 mm en 24 horas, la cual para esta región tendría un periodo de retorno de 70-75 años y es equivalente a la precipitación recibida durante el huracán Gilberto (octubre 1988); los datos presentados en el cuadro anterior fueron aplicados al cálculo del escurrimiento para cada uno de los 10 sectores seleccionados, previa delimitación de cada tipo de cobertura en los tres periodos considerados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Esgurrimiento potencial para una precipitación de 100 mm.

Año	Urbano	Agrícola	Pastizal	Matorral	Bosque	Desnuda	Vol. Total
1994	637688	3880	49948	56943	3021	167359	918839
2002	1875819	1980	31689	42018	3262	24500	1979268
2006	1175195	2558	19284	26653	2141	38134	1263965
%	184.28	65.9	38.6	46.8	70.8	22.7	137.5

En el Cuadro 4 se aprecia la variación en tipo de cobertura para cada sector durante el periodo considerado; La superficie ocupada por la mancha urbana se incrementó en un 189 % pasando de 860.57 ha en 1994 a 1628.41 ha en 2006; las principales coberturas afectadas fueron los pastizales y las áreas de matorral, las cuales pasaron de 416 y 600 ha en 1994 a 169 y 256 ha en 2006, respectivamente; esto representa una porcentaje de disminución de 40 y 42 % para cada comunidad vegetal.

Cuadro 4. Variación en superficie ocupada por los diversos tipos de cobertura (ha).

Cobertura	1994	2002	2006	Variación	%
Zona Urbana	860.57	1461.66	1628.41	+ 767.84	+ 189.30
Zona Agrícola	25.87	13.20	17.05	- 8.82	68.00
Pastizal	416.18	174.30	169.08	- 247.08	40.60
Matorral	600.39	420.10	256.53	- 343.86	42.66
Bosque	43.18	34.27	30.21	- 12.97	70.25
Zonas Desnudas	332.03	88.81	29.98	- 302.05	9.03

Las áreas desnudas corresponden principalmente a espacios destinados a fraccionamientos residenciales o industriales y que en la fecha de captura (de la imagen) ya estaban desmontados, por esa razón se observan elevados porcentajes de variación en las diferentes fechas.

En el caso de las áreas agrícolas, la poca superficie identificada se debe a que desde finales de la década de 1970 se presentó un abandono sostenido de esta actividad por la escasez de agua para riego. En esta época se inició la perforación de pozos profundos en la sierra de Zapalinamé lo que ocasionó la total desaparición del sistema de manantiales que producían más de 2000 Lps, y permitían irrigar vastas superficies en la porción oriental y noreste del valle de Saltillo, las cuales fueron ocupadas por vegetación arbustiva y pastos al abandonarse esta actividad.

La superficie ocupada por vegetación forestal es relativamente pequeña y tuvo poca variación durante el periodo estudiado; corresponde a una antigua huerta de nogales localizada en la parte norte de la ciudad; las superficies arboladas se localizaban principalmente en los cauces de los arroyos y una mínima superficie correspondía a matorral denso. Actualmente la cobertura forestal se localiza sobre todo en áreas de difícil acceso por lo que no está sujeta a presiones por el crecimiento de la mancha urbana.

Uno de los principales problemas asociado al desarrollo urbano corresponde a la drástica reducción en las tasas de infiltración del agua de lluvia, lo que se refleja en un incremento exponencial de los volúmenes escurridos; durante el periodo estudiado, el crecimiento de la mancha urbana fue de 189 % pasando de 9,992 ha en 1994 a 18,971 ha en 2006. La red de drenaje del área urbana creció un 209 %, pasando de 112,1 km de longitud total en 1994 a 234,7 km para el 2006, como puede apreciarse en la Figura 1.

La urbanización hace desaparecer la red de drenaje natural, por lo que los escurrimientos se desplazan por calles y avenidas; a medida que nuevos fraccionamientos son construidos en las partes altas del valle, los volúmenes escurridos se incrementan y también los problemas de inundaciones en las partes bajas del valle. La basura y desperdicios son arrastrados hacia los arroyos y depositados también en las partes bajas, por lo que los focos de contaminación son cada vez más importantes.

Otro aspecto de importancia, desde el punto de vista de los riesgos naturales, lo constituye la composición del subsuelo. La unidad de paisaje correspondiente a la posición de pie de monte de la sierra de Zapalinamé, está formada por suelos poco profundos que descansan sobre un horizonte petrocálcico (caliche) de 1 a 2 m de espesor; bajo este material se encuentra una capa de 10-20 m de espesor de materiales aluviales no consolidados y bajo esta se encuentra la roca caliza de la Formación Cupido principalmente, la cual se caracteriza por presentar una intensa red de disolución propia de los paisajes kársticos.

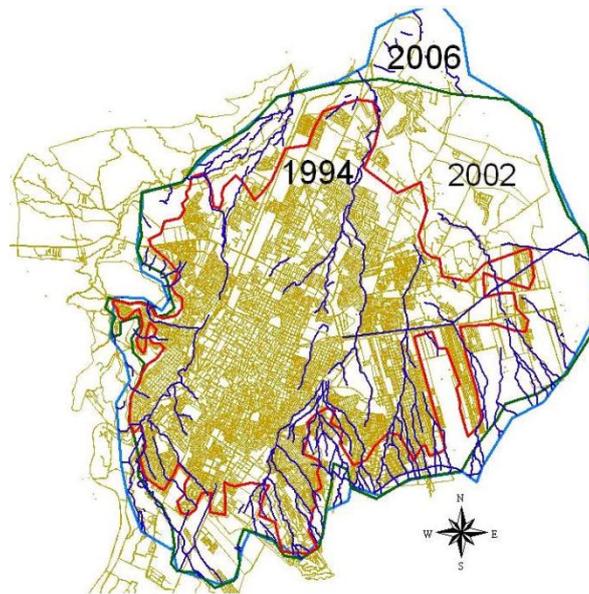


Figura 1. Crecimiento de la mancha urbana en el valle de Saltillo.

El paso del agua subterránea a través de estos materiales ha formado una red de cavernas, las cuales eventualmente colapsan para formar las depresiones características de este tipo de paisajes, las cuales pueden observarse en las paredes verticales de cárcavas y arroyos. En la parte alta del Fraccionamiento Fundadores, a un costado del abanico aluvial del cañón Boca Negra, se detectó mediante estudios geofísicos, una caverna cuya parte alta se encuentra apenas a 15-20 m de profundidad, el piso de la misma se encuentra a 60-70 m. De acuerdo con el Plan de Desarrollo Urbano, el libramiento Zacatecas- México pasará por esta zona, donde además se desarrollarán parques industriales y colonias populares. El potencial de riesgo natural no ha sido considerado en esta planeación, por lo que es urgente realizar una evaluación detallada en este sentido.

Conclusiones

El cambio de uso de suelo, de vegetación natural a obra civil, incrementa significativamente los volúmenes de escurrimiento y por lo tanto el potencial erosivo de los caudales estacionales, esto afecta en la misma proporción la tasa de recarga de los acuíferos subterráneos la cual disminuye drásticamente a medida que la mancha urbana se expande. Considerando que el 100% del suministro de agua potable del Valle de Saltillo proviene de fuentes subterráneas, este aspecto debe ser considerado en forma prioritaria.

El establecimiento de una red de drenaje pluvial, elimina toda posibilidad de recarga de acuíferos y ocasiona además serios problemas de erosión en las áreas de desembocadura de los canales, como puede observarse en los taludes de arroyos situados aguas abajo de los canales revestidos en la zona del Parque Maravillas, entre otras áreas. Los problemas asociados a la gran cantidad de basura en canales y arroyos, deben también ser considerados.

Por otra parte, el potencial de riesgos derivados tanto de la inestabilidad de taludes por el incremento en volúmenes escurridos, el problema de inundaciones y la construcción de obra civil en áreas sujetas a riesgo de colapso por el tipo de material geológico y la red de drenaje subterráneo, deben también considerarse en los planes de urbanización y programas de desarrollo urbano. Esto es de particular importancia en la posición de pie de monte de la vertiente norte de la sierra de Zapalinamé.

Por todo lo anterior, es necesario realizar los estudios necesarios para elaborar la carta de riesgos naturales del valle de Saltillo.

Literatura Citada

- Comisión Nacional Forestal. 2004. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales. Manual de obras y prácticas. SEMARNAT. México. 210 pp.
- Forcadell Ramírez J.L. 1994. Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. TRAGSATEC. Ed Mundi-Prensa. España. 902 pp.
- Gallegos del Tejo A. 2002. Inducción de Agua para la recarga de acuíferos en la sierra de Zapaliname. Convenio CEAS-UAAAN. Reporte Técnico. Saltillo, Coah.
- Gallegos del Tejo A, Arce G. L. 2007. Restauración ecológica de la cuenca del Río Sabinas, Coah. Memorias del XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, Gto. Mex.
- Gallegos del Tejo A. 2008. Obras y prácticas de conservación de suelos en el área de reforestación de la UAAAN. Informe Técnico.
- Gallegos del Tejo A . 2008. Evolución del paisaje urbano y comportamiento de las cuencas hidrológicas del valle de Saltillo. Memorias del I Congreso Binacional del Agua. COECYT-CONACYT. Saltillo, Coah. Mex
- Marsh M. William. 1998. Landscape planning. Environmental applications. Third Edition. John Wiley and Sons. Inc. 453 pp.

EROSIÓN Y DISMINUCIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELO EN SISTEMAS CAFETALEROS DE PUEBLA

Castelán Vega, Rosalía del Carmen¹, Tamaríz Flores J. Víctor, Ruiz Careaga Jesús, Marín Castro Marco Antonio y Sánchez Corona Virginia²

Departamento de Ciencias Agrícolas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla¹

Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla²

E-mail: crumara@hotmail.com

Resumen

En el estado de Puebla el cultivo de café constituye uno de los principales ingresos económicos de la población, no obstante, se ubica en zonas de pronunciadas pendientes, donde existe mayor degradación del suelo, por lo que en la actualidad los bajos rendimientos obtenidos se suman a la problemática de su bajo precio comercial. El objetivo de esta investigación fue determinar las pérdidas de suelo y nutrientes en agroecosistemas de café. Fueron seleccionadas parcelas con agroecosistemas de café: café con sombra arbórea (CA), café sin sombra (CS) y café asociado a bosque secundario (CBS); considerando un área de bosque primario como testigo (BP). Se estimaron las pérdidas de suelo según la metodología de la FAO y se evaluaron las concentraciones de materia orgánica (MO), nitrógeno (N), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y fósforo (P), mediante la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. El orden creciente de la pérdida de suelo fue: BP<CBS<CA<CS, con valores máximos de 32 toneladas por hectárea al año. La pérdida de nutrientes en bosque primario, café con bosque secundario y café con sombra mostró la siguiente tendencia: MO>Ca>Mg>N>K>P y en café sin sombra: MO>Ca>N>Mg>K>P. El orden creciente de la pérdida total de nutrientes fue: BP<CBS<CA<CS. Se concluye que las mayores pérdidas coinciden con la época de lluvia, deshierbe y cosecha; a mayor pérdida de suelo, mayor pérdida de nutrientes; la cobertura vegetal disminuye las pérdidas; las plantaciones de café con árboles permiten mayor control de la erosión que el café cultivado a cielo abierto.

Palabras clave: *Erosión hídrica, Cultivo en ladera, Disminución de fertilidad.*

Abstract

In Puebla State the coffee cultivation is one of main income of the population, however, is located on steep slopes, where there is greater soil degradation, so currently the low yields obtained added to the problem of the low market price. The objective of this research was to determine the loss of soil and nutrients in coffee agroecosystems. Be selected parcels with coffee agroecosystems: coffee with shade tree (CA), coffee without a shadow (CS) and coffee associated with secondary forest (CBS); whereas an area of primary forest as a witness (BP). Estimated losses of soil according to the FAO methodology and assessed the concentrations of organic matter (MO), nitrogen (N), calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K) and phosphorus (P), through the Mexican Official Standard NOM-021-RECNAT-2000. El order of increasing loss of soil was: BP < CBS < CA < CS, with peaks of 32 tons per hectare per year. The loss of nutrients in primary forest, coffee with secondary forest and coffee with shadow showed the following trend: MO > Ca > Mg > N > K > P and coffee without shadow: MO > Ca > N > Mg > K > P. The order of increasing the total loss of nutrients was: BP<CBS<CA<CS. Concludes the greatest losses to coincide with the rainy season, weeding and harvesting; to greater soil loss, more loss of nutrients; the cover reduces losses; plantations of coffee trees allow better control of erosion that cultivated coffee pit opened.

Key Words: *Erosion, Cultivation on slopes and decline of fertility.*

Introducción

En la Sierra Norte de Puebla el cultivo del café (*Coffea arabica*) constituye uno de los principales ingresos económicos de la población, no obstante, se encuentra ubicado en zonas de pronunciadas pendientes y relieve muy accidentado, donde existe mayor degradación del suelo por efecto de la erosión, con el consecuente deterioro de la fertilidad (Becerra, 1999), por lo que en la actualidad los bajos rendimientos obtenidos por unidad de superficie se suman a la problemática de su bajo precio

comercial agravando las condiciones de pobreza de la región (Castelán, 2003). Por lo que el objetivo general de la presente investigación fue determinar las pérdidas de suelo y nutrientes en tres agroecosistemas de café (con sombra, asociado a bosque secundario y sin sombra) localizados en la Sierra Norte de Puebla.

Materiales y Métodos

La investigación fue desarrollada en la porción noroeste de la Sierra Norte de Puebla, enmarcada dentro de las coordenadas geográficas de $19^{\circ} 27'$ y $20^{\circ} 30'$ de latitud norte y $97^{\circ} 00'$ y $98^{\circ} 20'$ de longitud oeste (Figura 1), con una altitud promedio de 1400 msnm. El clima predominante es el templado húmedo con lluvias todo el año y la vegetación dominante es el bosque de pino-encino bajo condición secundaria (INEGI, 2000).

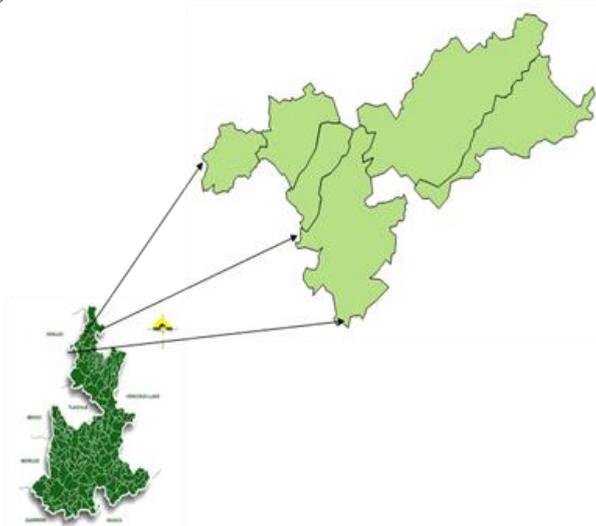


Fig. 1. Localización de la zona de estudio.

Fueron seleccionadas cuatro parcelas con pendientes superiores al 20% de inclinación, con tres agroecosistemas diferentes de cultivo de café: café con sombra arbórea (CA), café sin sombra (CS) y café asociado a bosque secundario (CBS); considerando además un área de bosque primario como testigo (BP) (Figuras 2, 3, 4 y 5). Las pérdidas de suelo fueron estimadas con la metodología establecida por la FAO en 1980 (2) y se evaluaron en laboratorio las concentraciones de materia orgánica (MO), nitrógeno (N), calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y fósforo (P), mediante los procedimientos analíticos de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

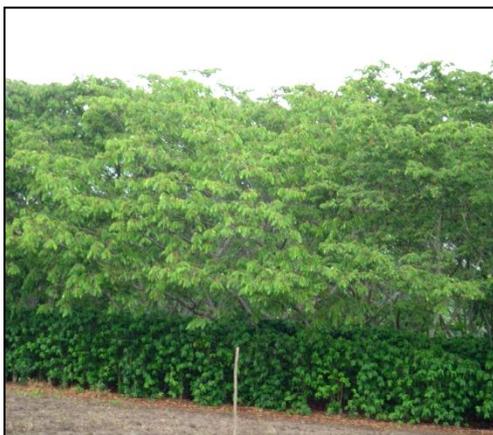


Figura 2. Café con sombra arbórea (CA).



Figura 3. Café sin sombra (CS).



Figura 4. Café asociado a bosque secundario (CBS). Figura 5. Bosque primario (BP).

Resultados y Discusión

La parcela **BP** se caracteriza por presentar pendientes muy pronunciadas (30%); la vegetación que se observa es básicamente bosque de pino-encino con densa vegetación, misma que se encarga de interceptar las gotas de lluvia, absorber su energía y disminuir la velocidad de la escorrentía. Es debido a esta cobertura, que las pérdidas de suelo son de tan sólo una tonelada por hectárea al año (Cuadro 1). Esta parcela es la que cuenta con las concentraciones más altas de materia orgánica; sin embargo, registra los valores más bajos de N, Mg, Ca y K (Cuadro 2, Gráfica 1).

La parcela **CBS** presenta una pendiente del 20% de inclinación, presenta gran cantidad de elementos vegetales formando el sotobosque, lo que ha permitido el depósito de una capa de hojarasca que proporciona protección al suelo sobre los efectos erosivos de las precipitaciones que se presentan en la región, disminuyendo las pérdidas anuales a menos de cuatro toneladas por hectárea (Cuadro 1). Esta parcela es la segunda con mayor porcentaje de materia orgánica y Mg; registra los valores más bajos de Ca y los más altos de N y K (Cuadro 2, Gráfica 1).

Cuadro 1. Pérdidas de suelo por parcela en toneladas por hectárea al Año.

Parcela	Factor climático	Factor edáfico		Factor topográfico	Factor cobertura	Pérdida t/ha/año
		Textura	Erodabilidad			
BP	206	0.1	0.5	3.5	0.10	3.6
CBS	278	0.1	0.5	8	0.01	1.11
CCA	443.21	0.1	0.5	3.5	0.06	4.65
CS	249	0.1	0.5	8.0	0.32	31.87

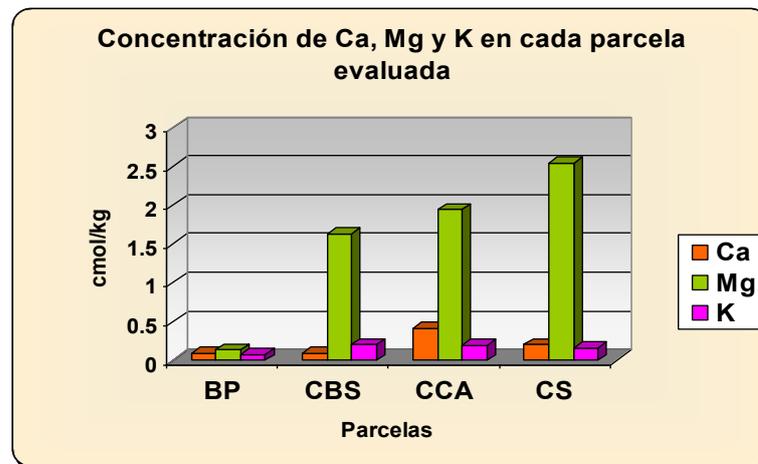
Dentro de las características más importantes de la parcela **CCA** se encuentran la pendiente (25%) y el régimen de precipitación (3000 mm), la sombra arbórea es proporcionada por la leguminosa conocida como chalahuite (*Inga sp.*); la cual protege al suelo del impacto directo de las gotas de lluvia, además de aportar materia orgánica, mejorar el balance anual de los nutrientes y conservar la fertilidad del suelo; de tal manera que las pérdidas son alrededor de 4.6 t/ha/año (Cuadro 1). Ocupa el tercer lugar en cuanto a la concentración de materia orgánica y Mg; segundo lugar con respecto a los valores de N y K; y la más alta concentración de Ca (Cuadro 2, Gráfica 1).

En la parcela **CS** se observan claramente los efectos de una erosión acelerada, debido al manejo inadecuado al que se encuentra sometida; esto no es más que los efectos de la pérdida de cobertura vegetal que se ha venido dando desde hace décadas, resultando en la pérdida de cerca de 32 toneladas de suelo por hectárea al año (Cuadro 1). Esta parcela registra las concentraciones más bajas de materia

orgánica y las más altas de Mg; así como el segundo lugar en cuanto a los valores de Ca y el tercero con respecto a las concentraciones de N y K (Cuadro 2, Gráfica 1).

Cuadro 2. Concentraciones de Materia Orgánica y nutrientes por parcela.

Parcela	M O (%)	N (%)	Nutrientes (cmol/Kg)		
			Ca	Mg	K
BP	4.89	0.30	0.09	0.13	0.072
CBS	3.15	0.52	0.09	1.63	0.198
CCA	2.40	0.40	0.41	1.94	0.187
CS	0.8	0.38	0.20	2.54	0.154



Gráfica 1. Concentración de nutrientes en las parcelas evaluadas.

Conclusiones

Los resultados muestran que el orden creciente de la pérdida de suelo fue: BP<CBS<CA<CS, con valores máximos de 32 t/ha/año. La pérdida de nutrientes en el bosque primario, café con bosque secundario y café con sombra mostró la siguiente tendencia: MO>Ca>Mg>N>K y en café sin sombra: MO>Ca>N>Mg>K. El orden creciente de la pérdida total de nutrientes fue: BP<CBS<CA<CS. Las mayores pérdidas de suelo y nutrientes coinciden con la época de lluvia; a mayor pérdida de suelo, mayor pérdida de nutrientes; la cobertura vegetal, tanto de árboles como de hojarasca caída y material de deshierbe, permite disminuir la pérdida de suelo y elementos nutritivos; las plantaciones de café combinadas con vegetación arbórea, permiten un mayor control de la erosión que el café cultivado a cielo abierto.

Literatura Citada

- Becerra, M. A. (1999). Escorrentía, erosión y conservación de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 376 pp.
- Castelán. 2003. Diagnóstico de la erosión de los suelos rojos de la Sierra Norte de Puebla, Tesis Maestría, Instituto de Ciencias-BUAP.
- FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos, Roma.
- INEGI. 2000. Síntesis geográfica del Estado de Puebla. Libro electrónico. México.
- SEMARNAT. 2000. NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, Muestreo y Análisis. México, D.F. 78 pp.

BIOFORTIFICACIÓN CON SELENIO Y SU EFECTO EN LA CALIDAD NUTRICIONAL DEL FRIJOL

Hermosillo Cereceres Martha Aracely, Sánchez Chávez Esteban, Guevara Aguilar Alexandro, Muñoz Márquez Ezequiel

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. E-mail: mhermosillo@estudiantes.ciad.mx

Resumen

Actualmente, existe una marcada deficiencia de micronutrientes en la dieta alimenticia en la población a nivel mundial. Los elementos minerales más frecuentemente deficientes en las dietas humanas son Hierro (Fe), Zinc (Zn), Yodo (I) y Selenio (Se). Una solución complementaria a esta problemática es la "Biofortificación". El objetivo de nuestro trabajo fue biofortificar con selenio el cultivo del frijol. Seis dosis de selenito y selenato de sodio (0, 10, 20, 40, 80 y 160 μmol) se aplicaron durante 40 días a las plantas de frijol, posteriormente se determinó el rendimiento y la concentración de macro y micronutrientes en la semilla. Los resultados indicaron que el selenato fue menos tóxico que el selenito. En general los nutrientes esenciales no presentaron antagonismo con el selenio en sus diferentes formas y dosis de aplicación, ya que ambas formas de selenio no redujeron la concentración de estos nutrientes en la semilla. Sin embargo, la fertilización con selenio incrementó las concentraciones de Nitrógeno (N), Potasio (K) y Zinc (Zn) en las semillas de frijol. Además encontramos un mayor rendimiento de grano al aplicar 20 μmol de selenato y 40 μmol de selenito. Por último, es importante tener en cuenta que el aumento en el contenido de selenio en la parte comestible del cultivo de frijol (grano) hace efectivo un programa de biofortificación y brinda una herramienta estratégica para aumentar la ingesta de selenio en la población.

Palabras clave: *biofortificación, selenio, frijol.*

Abstract

Currently, there is a marked deficiency of micronutrients in the diet of the population worldwide. The mineral elements most frequently deficient in human diets are iron (Fe), zinc (Zn), iodine (I) and selenium (Se). A complementary solution to this problem is "biofortification". The aim of our study was biofortified selenium growing beans. Six doses of sodium selenite and selenate (0, 10, 20, 40, 80 and 160 μmol) were applied for 40 days the bean plants, later determined the yield and concentration of macro and micronutrients in the seed. The results indicated that selenate was less toxic than selenite. In general, showed no essential nutrients selenium antagonism in its different forms and application rates, because both forms of selenium did not reduce the concentration of these nutrients in the seed. However, selenium fertilization increased concentrations of nitrogen (N), potassium (K) and zinc (Zn) in bean seeds. We also found an increased grain yield by applying 20 μmol of selenite and 40 μmol of selenate. Finally, it is important to note that increasing the selenium content in the edible bean crop (grain) becomes effective biofortification program and provides a strategic tool for increasing selenium intake in the population.

Key words: *biofortification, selenium, bean.*

Introducción

El Se es considerado un micronutriente esencial para la salud humana (Zeng y Combs, 2008), sin embargo la deficiencia de Se en los seres humanos es provocada por la baja cantidad de este elemento en la mayoría de los suelos del mundo, lo cual es motivo de preocupación, ya que la fuente principal del Se en cualquier sistema de producción de alimentos es el suelo (Combs, 2001). Actualmente, una solución complementaria a la problemática de la deficiencia de micronutrientes en la dieta alimenticia se le ha llamado "Biofortificación". La biofortificación ha sido definida como el proceso de incrementar las concentraciones biodisponibles de elementos esenciales en porciones comestibles de plantas cultivadas a través del manejo agronómico (fertilización) o mejoramiento genético (White y Broadley, 2005). La fertilización se considera una estrategia promisoría para biofortificar de selenio a los cultivos. Recientemente se han estudiado diferentes cultivos en programas de biofortificación con selenio como: té verde (Xu *et al.*, 2003), lechuga (Ríos *et al.*, 2008) y trigo (Li *et al.*, 2008), los resultados han demostrado que la fertilización con Se incrementa el contenido biodisponible de este

nutriente en las plantas. Sin embargo, a pesar de estar comprobada la eficacia de dichos programas, pocos estudios han comparado las dos formas de Se inorgánico (selenato y selenito) relacionado con la mejora nutricional de los cultivos.

Actualmente se sabe que el selenito es más tóxico para la planta que el selenato, debido posiblemente a la rápida conversión del selenito a selenoaminoácidos, que son incorporados en las plantas reemplazando al azufre (S) y causando un efecto tóxico a la planta (Terry *et al.*, 2000). Un trabajo reciente que analiza este aspecto es el realizado por Ríos *et al.* (2008), en cultivo de lechuga, donde se demuestra que hay diferencias en la respuesta de la planta en función tanto de la dosis como la especie química en la que es suministrado. Debido a la importancia del Se en la salud humana, y que el cultivo de frijol es un alimento primordial de la canasta básica de México, se planteó como objetivo del presente trabajo, biofortificar el cultivo del frijol para incrementar su valor nutritivo.

Materiales y Métodos

Las plantas de *Phaseolus vulgaris* L., cv. Strike se germinaron y crecieron en una mezcla de sustrato (turba, vermiculita y perlita en proporción 3:1:1) en macetas de 30 cm de diámetro en invernadero, a una temperatura media de 25 ± 4 °C. Durante todo el ciclo del cultivo las plantas recibieron una solución nutritiva compuesta por: 6 mM de NH_4NO_3 , 1.6 mM de K_2HPO_4 , 2.4 mM de K_2SO_4 , 4.0 mM de $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1.4 mM de MgSO_4 , 5 μM de Fe-EDDHA, 2 μM de $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 1.0 μM de $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.25 μM de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.3 μM de $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ y 0.5 μM de H_3BO_3 preparada con agua destilada (Sánchez *et al.*, 2004). El pH de la solución osciló entre 5.5 y 6.0.

Las fuentes de Se empleadas fueron Na_2SeO_3 y Na_2SeO_4 , las concentraciones de 0, 10, 20, 40, 80 y 160 μM , las cuales fueron adicionadas a la solución nutritiva a los 20 días después de la siembra y durante 40 días. El diseño experimental, fue un completamente al azar con seis tratamientos de selenito y seis de selenato, con cuatro repeticiones por tratamiento.

Las plantas fueron muestreadas a los 60 días después de la germinación, en la etapa fenológica de desarrollo completo y madurez del fruto. Se lavaron tres veces con agua de la llave y una vez con agua desionizada. Posteriormente, las muestras se secaron con papel filtro. Se dejaron reposar 24 h para permitir que perdieran humedad y se introdujeron en una estufa de calor seco por 48 h a 50 °C hasta tener el material completamente seco.

Para la determinación de la concentración de Se, 25 mg de la muestra se digirieron con 2.5 mL de HNO_3 concentrado y 1 mL de H_2O_2 en un horno de microondas. La solución resultante fue diluida en 25 mL de agua desionizada y la concentración de Se fue determinada por ICP-MS (Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo) de acuerdo a Pedrero *et al.* (2006).

Para la determinación de los nutrientes minerales: Cu, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y Ni fueron mineralizados por medio de una digestión triácida y posteriormente se hicieron las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica (Uvalle-Bueno 1993). El nitrógeno total se cuantificó mediante destilación por el método de Kjeldhal. La concentración de P total se determinó utilizando el método colorimétrico nitrovanadomolibdato (Hogue *et al.*, 1970).

Todos los datos fueron sometidos a análisis de varianza. Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey a 95 % (SAS, 1987).

Resultados y Discusión

El rendimiento de un cultivo puede ser afectado por diferentes factores, uno de ellos es la aplicación de diferentes nutrientes. Los resultados obtenidos presentaron diferencias significativas en la producción de frutos ($P \leq 0.05$, Figura 1), las dosis que más favorecieron la producción fueron 40 μM de selenito y 20 μmol de selenato, con un incremento de 2.85 % y un 8% respectivamente en relación al control (sin aplicación de Se). Estos resultados son diferentes a lo que reporta Lee *et al.* (2008), en un estudio realizado con hortalizas (lechuga, brócoli y perejil) donde una dosis de 20 mg L^{-1} de selenato de sodio disminuyó la producción de dichas hortalizas.

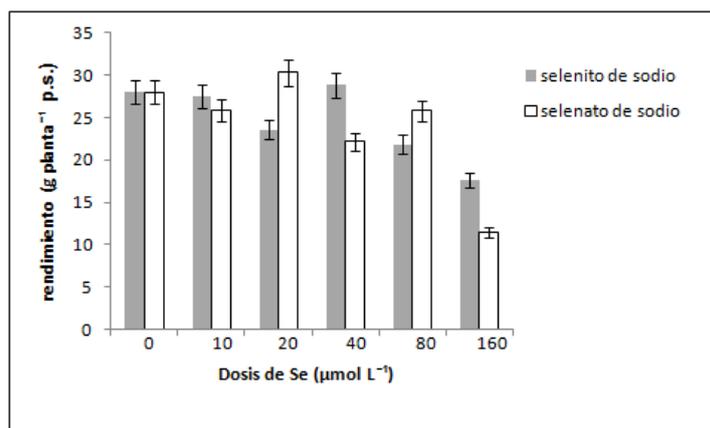


Figura 1. Rendimiento de fruto (gramos por planta) en semillas de frijol cv. Strike en respuesta a diferentes dosis de selenito y selenato. Los datos son \pm desviación estandar (n=4).

El crecimiento de las plantas y un buen desarrollo depende del equilibrio en los elementos esenciales bajo un adecuado suministro (Salt et al., 2008). Nuestros resultados indican una directa relación entre la dosis y forma de aplicación de selenio con la concentración de elementos esenciales como: nitrógeno (N), potasio (K), zinc (Zn) y manganeso (Mn). Respecto a N encontramos que la mayor concentración se presentó al aplicar 20 μ M de selenito y 80 μ M de selenato ($P \leq 0.05$, Cuadro 1), lo que coincide con la mayor producción de biomasa foliar a dosis bajas de selenito y altas de selenato (datos no presentados). El nitrógeno total es el resultado de la suma del N reducido y el NO_3^- , se considera un parámetro crítico para determinar el estado nutricional de las plantas, así como su productividad (Ruiz y Romero, 1999).

Por otro lado, las concentraciones de K presentaron diferencias significativas en las diferentes dosis y formas de Se aplicadas ($P \leq 0.05$, Cuadro 1), las mayores concentraciones fueron en la dosis de 40 μ M tanto para selenito como para selenato. Esto difiere con Sagen y Hoesh (2006) quienes indican que la aplicación de selenato no afectó la concentración de nutrientes esenciales en cereales, sin embargo, Lee et al. (2008) reportaron que dicho elemento tuvo una correlación negativa con el selenato al presentarse una disminución de potasio en diferentes hortalizas (brócoli, lechuga, apio y perejil) al aplicar selenato, lo que sugiere que el efecto del selenio sobre la calidad nutricional de los cultivos es específico para cada especie.

Respecto a los micronutrientes, encontramos diferencias significativas en Mn con relación a la forma de aplicación, ya que al incrementar las dosis de selenito, este inhibió la concentración de dicho nutriente ($P \leq 0.05$, Cuadro 2), viéndose mayormente afectados en la dosis de 160 μ mol, lo que podría indicar un antagonismo del Se con este elemento, como lo menciona Fargašová et al. (2006), que reporta que la absorción de micronutrientes es inhibida por el Se en plantas de mostaza. Las concentraciones de Zn aumentaron con respecto al testigo en las dosis de 20 μ mol de selenito y 40 μ mol de selenato, por lo que podría atribuirse un efecto sinérgico entre dichos elementos. En el resto de los elementos, tanto macro como micronutrientes no se encontraron diferencias significativas bajo las diferentes dosis y formas de selenio aplicadas.

El contenido de Se en los alimentos vegetales depende directamente del nivel de Se en los suelos, ya que la acumulación de Se en un organismo es determinada por el contenido total de Se o la forma química retenida en el mismo (Lin, 2005). En los resultados obtenidos encontramos diferencias significativas en la acumulación de Se en la semilla ($P \leq 0.05$, Cuadro 2), ya que el selenito favoreció la mayor acumulación de Se en comparación al selenato, lo que pudiera ser una ventaja para la mayor acumulación de selenio en forma orgánica en el cultivo, ya que el selenito es más rápidamente asimilado a formas orgánicas que el selenato (Li et al., 2008).

Cuadro 1. Concentración de macronutrientes (%) en semillas de frijol cv. Strike en respuesta a diferentes dosis de selenito y selenato. Los datos son medias \pm desviación estandar (n=4).

Dosis	Concentración (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Na₂SeO₃ ($\mu\text{mol L}^{-1}$)					
0	3.11 \pm 0.37	0.08 \pm 0.003	1.11 \pm 0.06	0.07 \pm 0.04	0.18 \pm 0.01
10	3.67 \pm 0.07	0.09 \pm 0.015	1.12 \pm 0.04	0.03 \pm 0.02	0.16 \pm 0.002
20	3.70 \pm 0.14	0.10 \pm 0.008	1.09 \pm 0.07	0.05 \pm 0.007	0.17 \pm 0.01
40	3.35 \pm 0.13	0.08 \pm 0.014	2.02 \pm 0.06	0.04 \pm 0.002	0.16 \pm 0.01
80	3.64 \pm 0.06	0.08 \pm 0.0001	1.04 \pm 0.01	0.05 \pm 0.04	0.17 \pm 0.009
160	3.20 \pm 0.08	0.06 \pm 0.001	0.89 \pm 0.01	0.02 \pm 0.02	0.14 \pm 0.01
Significancia	*	ns	*	ns	ns
Na₂SeO₄ ($\mu\text{mol L}^{-1}$)					
0	3.11 \pm 0.37	0.08 \pm 0.003	1.11 \pm 0.06	0.07 \pm 0.04	0.18 \pm 0.01
10	3.41 \pm 0.07	0.08 \pm 0.002	1.19 \pm 0.01	0.06 \pm 0.001	0.16 \pm 0.01
20	3.43 \pm 0.22	0.09 \pm 0.0003	1.21 \pm 0.01	0.06 \pm 0.03	0.17 \pm 0.006
40	3.77 \pm 0.09	0.09 \pm 0.0001	1.31 \pm 0.05	0.13 \pm 0.18	0.20 \pm 0.07
80	3.92 \pm 0.38	0.09 \pm 0.012	1.26 \pm 0.14	0.15 \pm 0.13	0.20 \pm 0.02
160	3.61 \pm 0.03	0.07 \pm 0.006	0.97 \pm 0.01	0.05 \pm 0.01	0.13 \pm 0.007
Significancia	*	ns	*	ns	ns

Los valores son medias (n=4) y las diferencias entre medias fueron comparadas usando LSD al 0.05 nivel de probabilidad. Los niveles de significancia son presentados por * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, y ns: no significativo.

Cuadro 2. Concentración de micronutrientes (mg Kg⁻¹ p.s.) en semillas de frijol cv. Strike en respuesta a diferentes dosis de selenito y selenato. Los datos son medias \pm desviación estandar (n=4).

Dosis	Concentración (mg Kg ⁻¹ p.s.)					
	Zn	Cu	Mn	Fe	Ni	Se
Na₂SeO₃ ($\mu\text{mol L}^{-1}$)						
0	20.71 \pm 1.02	6.46 \pm 1.32	13.56 \pm 36.90	66.45 \pm 16.65	1.42 \pm 0.21	0.62 \pm 0.35
10	25.88 \pm 1.12	6.49 \pm 0.32	10.06 \pm 77.82	92.90 \pm 23.14	1.48 \pm 0.26	42.45 \pm 4.13
20	25.89 \pm 2.29	5.23 \pm 0.54	5.58 \pm 5.57	63.00 \pm 14.66	2.00 \pm 0.63	70.67 \pm 7.08
40	22.01 \pm 0.94	5.07 \pm 0.13	4.73 \pm 7.74	67.41 \pm 4.24	1.37 \pm 0.40	138.46 \pm 23.46
80	24.77 \pm 1.39	3.84 \pm 0.46	3.50 \pm 91.67	59.54 \pm 9.59	1.56 \pm 0.21	194.86 \pm 4.00
160	18.83 \pm 0.30	4.27 \pm 1.23	5.62 \pm 5.37	55.05 \pm 1.24	1.46 \pm 0.10	225.90 \pm 8.86
Significancia	**	ns	*	ns	ns	***
Na₂SeO₄ ($\mu\text{mol L}^{-1}$)						
0	20.71 \pm 2.25	6.46 \pm 1.32	13.56 \pm 2.70	66.45 \pm 16.68	1.42 \pm 0.21	0.62 \pm 0.35
10	23.71 \pm 2.25	5.67 \pm 0.35	7.78 \pm 2.39	88.47 \pm 25.19	1.63 \pm 0.01	20.57 \pm 0.22
20	24.68 \pm 4.79	7.35 \pm 0.85	10.89 \pm 3.86	84.72 \pm 25.17	1.55 \pm 0.01	51.07 \pm 0.66
40	25.57 \pm 1.75	6.83 \pm 0.56	14.21 \pm 6.32	104.27 \pm 51.16	1.73 \pm 0.19	141.84 \pm 6.34
80	23.69 \pm 1.94	5.52 \pm 1.77	7.33 \pm 1.57	67.98 \pm 2.36	1.77 \pm 0.36	63.54 \pm 5.92
160	17.67 \pm 0.31	5.22 \pm 0.01	878 \pm 0.60	55.70 \pm 1.45	1.59 \pm 0.29	68.86 \pm 17.52
Significancia	**	ns	ns	ns	ns	***

Los valores son medias (n=4) y las diferencias entre medias fueron comparadas usando LSD al 0.05 nivel de probabilidad. Los niveles de significancia son presentados por * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$, y ns: no significativo.

Conclusiones

En las semillas se tuvo una mayor concentración de Se al aplicar selenito. Por lo tanto, las mejores dosis para biofortificar con Se el cultivo de frijol fueron: 40 μM de selenito y 20 μM de selenato, ya que dichas dosis favorecieron el crecimiento de la planta (mayor rendimiento) y aumentaron la concentración biodisponible del Se en el fruto. Finalmente, se considera importante que el aumento del contenido de Se en frijol bajo programas de biofortificación es una estrategia promisoriosa en los

sistemas de cultivo que podría aumentar la ingesta de selenio en la población en general, y gozar de los beneficios que tiene dicho elemento en la salud.

Literatura citada

- Combs, G. F. 2001. Selenium in global food systems. *British Journal of Nutrition* 85:517-547.
- Fargašová, A., J. Pastierová and K. Svetková. 2006. Effect of Se-metal pair combinations (Cd, Zn, Cu, Pb) on photosynthetic pigments production and metal accumulation in *Sinapis alba* L. seedlings. *Plant Soil Environ.* 52: 8–15.
- Hogue, E., G. E. Wilcow and D. J. Cantliffe. 1970. Effect of soil P on phosphate fraction in tomato leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 95:174-176.
- Lee, S. J., H. M. Kang, and I. S. Kim. 2008. Effect of sodium selenate supplied condition by fertigation on the growth and content of minerals, ascorbic acid, nitrate, and selenium of some western vegetables. *Journal of Environment Control.* 17:43-50.
- Li, H. F., S. T. McGrath and F. J. Zhao. 2008. Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. *New Phytologist.* 178: 92-102.
- Lin, Z. Q. 2005. Bioaccumulation. In *Water Encyclopedia: Surface and Agricultural water.* Lehr, J. H., and J. Keeley (Eds). Hoboken, NJ: John Wiley.
- Pedrero, Z., Y. Madrid and C. Camara. 2006. Selenium species bioaccessibility in enriched radish (*Raphanus sativus*): A potential dietary source of selenium. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54:2412-2417.
- Ríos, J. J., M. A. Rosales, B. Blasco, L. M. Cervilla, L. Romero, and J. M. Ruiz. 2008. Biofortification of Se and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants. *Scientia Horticulturae.* 116:248-255.
- Ruiz, J. M., and L. Romero. 1999. Cucumber yield and nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. *Scientia Horticulturae.* 82:309-316.
- Sager, M., and Hoesch, J. 2006. Selenium uptake in cereals grown in lower Austria. *Journal of Central European Agriculture.* 7:71-78.
- Salt, D. E., I. Baxter and B. Lahner. 2008. Ionomics and the study of the plant ionome. *Plant. Biol.* 59:709-733.
- SAS, 1987. SAS/STAT Guide for personal computers. Version 6; Statistical Analysis System Institute, Inc. Cary, North Carolina.
- Sánchez, E., R. M. Rivero, J. M. Ruiz, and L. Romero. 2004. Changes in biomass, enzymatic activity and protein concentration in roots and leaves of green bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Strike) under high NH_4NO_3 application rates. *Scientia Horticulturae* 99:237-248.
- Terry, N., A. M. Zayed, M. P. De Souza, and A. S. Tarun. 2000. Selenium in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 51:401-32.
- Uvalle-Bueno J.X. 1993. Identificación de las propiedades del suelo asociadas con la clorosis en soya. *Agricultura Técnica en México.* 39 (1): 1-19
- White, P. J., and M. R. Broadley. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. *Trends Plant Sci.* 10: 586-593.
- Xu, J., S. Zhu, F. Yang, L. Chang, Y. Hu, G. Pan, and Q. Hu. 2003. The influence of selenium on the antioxidant activity of green tea. *Journal of Science food Agricultural* 83:451-455.
- Zeng, H., and G. F. Combs. 2008. Selenium as an anticancer nutrient: roles in cell proliferation and tumor cell invasion. *Journal of Nutritional Biochemistry* 19:1-7.

CRECIMIENTO DE TOMATE CULTIVADO EN SUSTRATOS INCLUYENDO VEMICOMPOST Y FERTILIZACIÓN QUÍMICA

Cruz Crespo Elia, Sandoval Villa Manuel, Volke Haller Víctor, Can Chulim Álvaro
Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Posgraduados. Email: ccruze2006@yahoo.com.mx

Resumen

El uso de vermicompost es importante en el cultivo sin suelo, sin embargo, es necesario realizar mezclas de éstas con otros materiales alternativos tal como el tezontle, dado que el vermicompost por sí solo no cumple con las condiciones de crecimiento adecuadas. En relación a esto se han desarrollado programas que proporcionan mezclas de sustratos, no obstante es necesaria la evaluación de éstas en el crecimiento de diversos cultivos. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar mezclas de tezontle-vermicompost en la proporción 65:35, obtenida mediante el programa de optimización con SAS, en combinación con solución de Steiner, sobre la concentración nutrimental y crecimiento de tomate Charleston bajo invernadero. Se evaluaron tezontle y mezclas de tezontle con dos vermicompost en la proporción 65:35, obtenida mediante un programa de optimización, y solución de Steiner al 0, 50, 75 y 100% de su fuerza iónica original. El diseño experimental fue completamente al azar con ocho repeticiones. Se encontró que el tratamiento tezontle más solución Steiner al 100% y el regado con agua, presentaron menor crecimiento y menor contenido de macronutrientes; mientras que los tratamientos que incluyeron vermicompost y solución nutritiva al 50 y 75% mostraron crecimiento similar en comparación a la mezcla de tezontle:vermicompost más riego con solución al 100%. No se encontró diferencia por vermicompost. Se concluyó que la mezcla tezontle-vermicompost 65:35, obtenida a través del programa de optimización en SAS fue apta para el crecimiento del tomate Charleston, permitiendo a su vez la disminución de la fertilización inorgánica hasta en 50%.

Palabras clave: *Nutrientes, tezontle, altura*

Abstract

The use of vermicompost is important in cultivation without soil, however, it is necessary to carry out mixtures with other alternative materials such as the tezontle, given that the vermicompost by itself does not meet the adequate conditions for growing. Regarding this fact it has been developed programs that provide substrate mixtures, however the assessment in the growth of various crops is needed. Therefore the objective of this research was to assess mixtures of tezontle-vermicompost in the proportion 65: 35, obtained through the program of optimization with SAS in combination with Steiner solution on nutrimental concentration and growth of Charleston tomato under greenhouse conditions. Tezontle and mixtures of tezontle with two vermicompost in the 65:35 ratio, obtained through a program of optimization, and Steiner solution at 0, 50, 75 and 100% of its original ionic strength were evaluated. The experimental design was completely randomly with eight replications. It was found that treatments Tezontle with the Steiner solution 100% and irrigated with water showed lower growth and lower content of macronutrients; while treatments that included vermicompost and nutrient solution with 50% and 75% showed similar growth in comparison to the mixture of tezontle:vermicompost plus irrigation with complete nutrient solution. No difference was found by vermicompost. It was concluded that the mixture tezontle-vermicompost 65: 35, obtained through the program of SAS optimization was suitable for the growth of tomato Charleston, which helped to decrease the inorganic fertilization up to 50%.

Key words: *Nutrient, tezontle, height*

Introducción

Actualmente, en los sistemas de cultivo sin suelo se hace uso del vermicompost, el cual ha dado resultados favorables sobre el crecimiento y rendimiento de diversas especies tal como tomate en invernadero (Singh *et al.*, 2008), ya que posee diversas propiedades que mejoran el medio de crecimiento y aporta nutrientes. Sin embargo, la mezcla de sustratos se ha llevado a cabo mediante ensayo de acierto y error, por lo que existen algunos trabajos que han intentado la generación de

mezcla de sustratos por programación (Zamora-Morales *et al.*, 2005). Por otra parte, la mayoría de las investigaciones sobre el uso de la vermicompost se han orientado a estudiar la germinación de semillas o efecto en plántula, y poco en el crecimiento, rendimiento de fruto, y en el contenido nutrimental en la planta. Por lo que, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la mezcla tezontle-vermicompost en la proporción 65:35, obtenida mediante el programa de optimización en SAS, en combinación con diferentes concentraciones de solución de Steiner, en la concentración nutrimental de la planta y crecimiento de tomate bajo invernadero.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en los invernaderos del Colegio de Postgraduados (CP), Montecillo estado de México, en los meses de agosto de 2008 a febrero de 2009. La temperatura media máxima y mínima fue de 31.52 y 4.7 °C con humedad relativa (HR) media máxima y mínima de 92 y 19.8%, respectivamente. Semilla de tomate tipo bola de crecimiento indeterminado híbrido Charleston fue sembrada, utilizando como medio de crecimiento mezcla de agrolita más fibra de coco. Posteriormente, la plántula de 35 días fue trasplantada en bolsas de polietileno negro de 18 L de capacidad que fueron previamente llenadas con los sustratos correspondientes: mezcla de tezontle (TE), cuyo tamaño de partícula fue entre 2 y 10 mm, más vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales (no se eliminaron partículas menores de 2 mm), denominándolo sustrato A (SA = TE + VCa); como sustrato B se utilizó TE más vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería por lo que SB = TE + VCb, ambas mezclas en la proporción 65:35%, la cual de acuerdo a Cruz *et al.* (2010) fue una de las mejores proporciones generadas a través del programa de optimización en SAS para la obtención de mezclas de sustratos. Las macetas fueron acomodadas en tres bolillo a una distancia de 30 cm de tallo a tallo y 1 m entre pasillos, con una planta de un solo tallo por maceta. Después del trasplante se inició el riego con la correspondiente solución de Steiner (0, 50, 75 y 100%, S0, S50, S75 y S100), que fue preparada a partir de nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio más micronutrientes. El pH de la solución fue de 6. El riego fue por goteo y el requerimiento varió de 3 a 5 riegos por día durante 15 minutos, con un rango de 182 a 198 mL.

Los tratamientos evaluados fueron S100SA, S100SB, S75SA, S75SB, S50SA, S50SB, S0SA, S0SB y S100TE (Testigo, solución de Steiner al 100% con sustrato tezontle). El diseño experimental fue completamente al azar. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza con el programa SAS (SAS Institute, 1982) y prueba de comparación de medias por Tukey.

Las variables evaluadas fueron contenido nutrimental en hojas (N, P, K, Ca, Mg), número de hojas (NH), altura de planta (AP) y diámetro de tallo (DT). El contenido nutrimental se determinó en hojas recientemente maduras, muestreadas a los 70 días después de transplante (ddt). La determinación de N total se hizo por el método Kjeldahl (Kirk, 1950); para las determinaciones de P, Ca y Mg se realizó la digestión húmeda del material seco y el extracto obtenido se leyó en el espectrofotómetro de emisión atómica de inducción con plasma acoplado (ICP-AES VARIANTM Liberty II) (Alcántar y Sandoval, 1999); el nutriente K se determinó utilizando el flamómetro, IL Autocal Flame Photometer 643. Se contó el número de hojas; altura de planta, se midió con cinta métrica desde el nivel del sustrato; diámetro de tallo, se midió con vernier 10 cm arriba del nivel del sustrato. El fruto fue cosechado en color rosa extendido desde la parte apical, abarcando de 10 a 30% de la superficie (Jones, 1999).

Resultados y Discusión

Contenido nutrimental. A través del Cuadro 1 se pudo observar que la concentración nutrimental de las plantas cultivadas con S0 puso en evidencia la presencia de nutrientes en la vermicompost, por lo que es uno de los motivos por lo cual se han utilizado en el medio de crecimiento (Ao *et al.*, 2008). Por otra parte, se aprecia que S100TE fue el de menor concentración en macronutrientes, excepto Mg, en relación a los tratamientos que incluyeron vermicompost y solución Steiner al 50, 75 y 100%, pero superior a los dos tratamientos que fueron regados con sólo agua.

Cuadro 1. Comparación de medias, entre tratamientos, para la concentración de macronutrientes en hoja de tomate Charleston a los 70 ddt, cultivado bajo invernadero.

Tratamiento	Concentración nutrimental				
	N	P	K	Ca	Mg
			g kg ⁻¹		
S100SA	41.8 a [†]	6.5 bc	37.3 a	47.2 a	15.3 a
S100SB	41.9 a	9.1 a	35.1 a	45.3 a	12.4 ab
S75SA	40.4 ab	6.4 bc	34.5 a	44.4 a	12.2 ab
S75SB	39.7 ab	8.0 ab	33.6 a	41.5 a	19.0 b
S50SA	39.4 ab	5.7 cd	33.4 a	40.2 ab	12.0 ab
S50SB	38.0 bc	7.5 ab	33.2 a	40.1 ab	10.5 b
S0SA	23.5 d	2.6 e	21.0 b	23.9 c	5.0 c
S0SB	21.4 d	2.8 e	18.8 b	21.9 c	3.9 c
S100TE	35.5 c	4.5 d	23.3 b	30.4 bc	9.7 b

[†]Medias con misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$); S100 = solución de Steiner 100%; S75 = solución de Steiner 75%; S50 = solución de Steiner 50%; S0 = solución de Steiner al 0% (riego con agua); SA = tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales; SB = tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería; TE = tezontle.

Lo anterior, puede explicarse debido a que la cantidad de agua por riego y el número de éstos fue igual para todos los tratamientos, sin embargo en el S100TE el sustrato fue sólo tezontle, del cual se excluyeron partículas menores de 2 mm, por lo que en éste se tuvo una menor retención de agua dado que la presencia de partículas pequeñas la incrementa (Vendonck y Demeyer, 2004).

De acuerdo con Jones (1999), la concentración de los macronutrientes en hoja de los tratamientos que incluyeron vermicompost y riego con S50, S75 y S100 se ubicaron dentro del rango normal para cultivo de tomate. En tanto que, en los regados con agua, sólo el Ca se ubicó dentro del rango normal, mientras que con S100TE únicamente el K se ubicó fuera del rango adecuado (Cuadro 1)

Crecimiento. El tratamiento S100TE obtuvo para AP Y DT valores similares a los obtenidos con los tratamientos con S0 (sin solución Steiner) (Cuadro 2). En cuanto al NH el S100TE produjo la misma cantidad que en los tratamientos con S50. La diferencia en el crecimiento, se relacionó con el déficit de agua en el medio de crecimiento del tratamiento S100TE, ya que se eliminaron las partículas menores de 2 mm, mientras que en los tratamientos con vermicompost fue la mayor retención de humedad la que contribuyó en este. (De Grazia *et al.*, 2004; De Grazia *et al.*, 2006).

Cuadro 2. Comparación de medias entre tratamientos de las variables de crecimiento y rendimiento de tomate Charleston cultivado bajo invernadero.

Tratamiento	Variables de crecimiento		
	NH	AP	DT
		m	cm
S100SA	18.5 a [†]	1.99 a	1.83 a
S100SB	18.3 ab	1.97 a	1.85 a
S75SA	18.8 a	1.95 a	1.86 a
S75SB	18.6 a	1.94 a	1.84 a
S50SA	17.5 ab	1.90 a	1.86 a
S50SB	17.5 ab	1.88 a	1.81 a
S0SA	14.3 c	1.60 c	1.35 b
S0SB	14.0 c	1.52 c	1.38 b
S100TE	16.4 b	1.67 c	1.36 b

[†]Medias con misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$); S100 = solución de Steiner 100%; S75 = solución de Steiner 75%; S50 = solución de Steiner 50%; S0 = solución de Steiner al 0% (riego con agua); SA = tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales; SB = tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería; TE = tezontle.

Los resultados de las diferentes variables de crecimiento encontrados en el presente trabajo coinciden con otras investigaciones donde se han probado tratamientos con y sin materiales compostados en diferentes cultivos (Moreno-Resendez *et al.*, 2005; Grigatti *et al.*, 2007).

Conclusiones

La aplicación de solución Steiner al 100% utilizando como sustrato sólo al tezontle, y la mezcla tezontle-vermicompost en proporción 65:35 y riego con agua resultaron ser insuficientes para que las plantas de tomate alcanzaran los valores obtenidos en las variables de crecimiento al cultivarlos en las mezclas de tezontle con vermicompost y solución Steiner al 50, 75 y 100%.

Con la presencia de vermicompost en 35% del volumen del sustrato y con fertilización inorgánica menor al 100% de la concentración de solución de Steiner no afectó el crecimiento. Así se consideró a la proporción 65:35 como apta para el desarrollo del cultivo de tomate.

Literatura Citada

- Alcántar, G. y M. Sandoval. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial no. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C. Chapingo, México.
- Ao, Y., M. Sun and Y. Li. 2008. Effect of organic substrates on available elemental contents in nutrient solution. *Bioresour. Technol.* 99: 5006-5010.
- Cruz C, E., M. Sandoval, V. Volke, V. Ordaz, J.L. Tirado y J. Sánchez. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra Latinoamericana* 28: 219-229.
- De Gracia, J., P.A. Tuttonell and A. Chiesa. 2004. Growth and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) transplants as affected by substrate properties and irrigation frequency. *Adv. Hort. Scie.* 18: 181-187.
- De Grazia, J., P.A. Tuttonell y A. Chiesa. 2006. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e Investigación Agraria* 34: 195-204.
- Grigatti, M., M.E. Giorgioni and C. Ciavatta. 2007. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresour. Technol.* 98: 3526-3534.
- Jones, J.B. 1999. Tomato plant culture: In the field, greenhouse and home garden. CRC Press LLCork. New York, NY, USA.
- Kirk, P.J. 1950. Método de Kjeldahl para nitrógeno total. *Anal. Chem.* 22: 354-358.
- Moreno-Resendez, A., M.T. Valdez-Perezgasga y T. Zarate-López. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 65: 26-34.
- SAS Institute Inc. 1982. SAS User's guide: Statistics. Cary, NC, USA.
- Singh, R., R.R. Sharma, S. Kumar, R.K. Gupta, and R.T. Patil. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresour. Technol.* 99: 8507-8511.
- Verdonck, O. and P. Demeyer. 2004. The influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. *Acta Hort.* 644: 99-101.
- Zamora-Morales, B.P., P. Sánchez-García, V.H. Volke-Haller, D. Espinosa-Victoria y A. Galvis-Spinola. 2005. Formulación de mezclas de sustratos mediante programación lineal. *Interciencia* 30: 365-3.

SOLUCIONES NUTRITIVA ORGÁNICAS EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO EN INVERNADERO

Martin Huerta Puebla¹, Pablo Preciado Rangel, Manuel Fortis Hernández, Juan Leonardo Rocha Valdez

Estudiante de Posgrado Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Gómez Palacio, Dgo. Instituto Tecnológico de Torreón
E- mail: ppreciador@yahoo.com.mx

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la factibilidad de algunas soluciones orgánicas como fuente de nutrimentos en el rendimiento de chile jalapeño producido en invernadero. Se compararon cuatro tratamientos: solución nutritiva inorgánica (Steiner), té de compost, té de vermicompost y lixiviado de vermicompost. Las variables evaluadas fueron el rendimiento.

Los resultados mostraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas. Con la fertilización inorgánica se obtuvieron los mayores rendimientos de frutos. Dentro de los tratamientos de fertilización orgánica, el lixiviado sobresalió con un mayor rendimiento de fruto.

Palabras claves: *Fertilización orgánica, nutrición vegetal.*

Abstract

The aim of this study was to evaluate the feasibility of some organic solutions as source of nutrient the performance of jalapeño pepper produced in greenhouse. We compared four treatments: organic nutrient solution, compost tea, vermicompost tea and vermicompost leachate. These results showed significant difference in yield. Yields were higher with inorganic nutrient solution.

Key Words: *organic fertilization, plant nutrition.*

Introducción

La producción de cultivos hortícolas en condiciones protegidas y el uso de sistemas hidropónicos han permitido incrementos en rendimientos y calidad de frutos. En estos sistemas de producción intensiva la fertilización se realiza por medio de una solución nutritiva que se elabora con fertilizantes de alta solubilidad, generalmente importados, lo que incrementa significativamente los costos de producción (Muñoz, 2004); aunado a potenciales problemas de impacto ambiental, ocasionando la búsqueda de fuentes alternativas de fertilización. Una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, disminuir los costos, es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como lixiviado de compost o vermicompost (Jarecki y Voroney, 2005), té de compost (Hargreaves et al., 2008) y té de vermicompost (Pant et al., 2009). Estas soluciones pueden ser aplicadas por medio de un sistema de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos en invernadero. Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de soluciones nutritivas orgánicas sobre el rendimiento de chile jalapeño en invernadero.

Materiales y Métodos

El presente estudio fue establecido bajo condiciones de invernadero, en el Instituto Tecnológico de Torreón. Los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro diferentes fuentes de fertilización a plantas de chile jalapeño. Cada tratamiento tuvo quince repeticiones, distribuidos en un diseño completamente al azar de tal manera que se tuvieron 60 unidades experimentales. Bolsas de plástico negro de 20 L de capacidad, se utilizaron como macetas y como sustrato perlita. Los tratamientos de fertilización consistieron en: 1) Fertilización inorgánica con solución nutritiva (Steiner, 1984); 2) Té de compost; 3) Té de vermicompost; y 4) Lixiviado de vermicompost. Para la preparación de la solución nutritiva se utilizaron fertilizantes comerciales de alta solubilidad disponibles en el mercado regional. Los té de compost y vermicompost se elaboraron de acuerdo con la metodología propuesta por Ingham (2005). Las soluciones resultantes incluyendo el lixiviado fueron ajustadas a una conductividad eléctrica (CE) de 2.0 dS·m⁻¹ mediante dilución con agua natural y el pH ajustado a 5.5, con ácido cítrico (Capulín et al., 2007). Los frutos de diez plantas por cada tratamiento fueron

cosechados. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza con el programa SAS (SAS Institute, 1998) y comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Las diferentes soluciones nutritivas que se utilizaron, provocaron que las plantas de chile mostraran diferencias significativas (Figura 1), la fertilización con la solución nutritiva inorgánica, obtuvo el mayor rendimiento de frutos. Las plantas fertilizadas con el té de vermicompost obtuvieron la menor cantidad de frutos. Resultados similares fueron encontrados por Ochoa et al. (2009) al obtener mayor rendimiento con fertilización inorgánica que con fuentes orgánicas de fertilización.

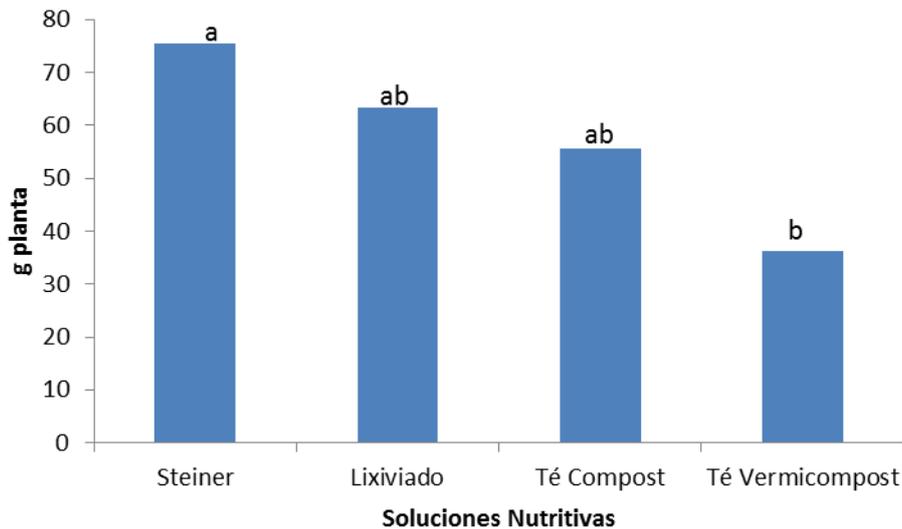


Figura 1. Rendimiento de frutos por efecto de cuatro fuentes de nutrientes en el cultivo de chile jalapeño.

Al respecto García et al. (2008) indican que las soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas de fertilización se deben diluir para disminuir la CE, sin embargo esto provoca una disminución en la concentración de nutrimentos, por lo que es necesario un aporte externo de nutrientes, especialmente de nitrógeno, ya que el suministro adecuado de este elemento está asociado con niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso, alta actividad fotosintética y con la síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento (Castro et al, 2004). A pesar de la superioridad en el rendimiento de frutos del tratamiento con la solución nutritiva Steiner, con relación al obtenido por las soluciones orgánicas, este podría ser compensado por el sobreprecio que tiene los frutos producidos orgánicamente respecto al obtenido con la nutrición tradicional (Cruz et al., 2009) y el bajo costo que representa la fertilización orgánica.

Conclusiones

La fuente de nutrimentos influyó significativamente en el rendimiento. La solución nutritiva Steiner mostró mayor rendimiento de frutos. A pesar del mayor rendimiento obtenido por la solución nutritiva inorgánica, las soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas de fertilización son una opción viable para disminuir el uso de los fertilizantes convencionales.

Literatura citada

- Castro BR, Galvis SA, Sánchez JP, Peña LA, Sandoval VM, Alcantar GG (2004) Demanda de nitrógeno en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot). Revista Chapingo Serie horticultura 10:147-152.
- Capulín GJ, Núñez ER, Aguilar AJL, Estrada BM, Sánchez JP, Mateo SJL (2007). Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. Revista Chapingo Serie Horticultura 13:5-11.

- Cruz LE, Osorio OR, Martínez ME, Lozano del RAJ, Gómez VA, Sánchez HR (2009) Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35: 363-368.
- García GR, Dendooven L, Gutierrez MFA (2008) Vermicomposting lechate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *Asian Journal of Plant Science* 7: 360-367.
- Hargreaves J, Adl MS, Warman PR, Rupasinghe HPV (2008) The effects of organic amendments on mineral element uptake and fruit quality of raspberries. *Plant Soil* 308: 213-226.
- Ingham RE (2005) *The Compost Tea Brewing Manual*. 5th Edition. Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon. USA. 79 p.
- Jarecki MK, Voroney RP (2005) Evaluation of compost lechates for plant growth on hydroponic culture. *J. Plant Nut.* 28: 651-667.
- Muñoz RJJ (2004) Formulación de la solución nutritiva. pp: 151-180. En: *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. Castellanos, J.Z. (Ed.) 2da Edición. INTAGRI, Celaya, Gto., México.
- Ochoa ME, Figueroa VU, Cano RP, Preciado RP, Moreno RA, Rodríguez DN (2009) Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15: 245-250.
- Pant AP, Radovich TJK, Hue NV, Talcott ST, Krenek KA (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown undervermicompost and chemical fertilizer. *J Sci Food Agric* 89:2383-2392.

ESTUDIO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR DE NÍQUEL SOBRE LA CORRECCIÓN DE OREJA DE RATÓN

Guevara Aguilar Alejandro, Sánchez Chávez Esteban, Muñoz Márquez Ezequiel, Hermosillo Cereceres Martha Aracely

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. E-mail: esteban@ciad.mx

Resumen

Actualmente, una de las grandes preocupaciones de los productores de nogal pecanero es la relacionada con la nutrición vegetal. Donde el manejo eficiente del Zinc (Zn) y Níquel (Ni) han recibido más atención en el cultivo de nogal pecanero, debido a los requerimientos del árbol y su escasez en los suelos calcáreos. La "oreja de ratón" en hojas de nogal es un crecimiento anormal resultado de la deficiencia de Ni en árboles de nogal pecanero. El síntoma más común de "oreja de ratón" es un redondeado en las puntas de los foliolos, donde las hojas afectadas y foliolos están a menudo más pequeños en tamaño que un follaje sano. El objetivo de nuestro trabajo fue estudio de fertilización foliar de Níquel sobre la corrección de oreja de ratón, aplicando dos productos foliares a base de Níquel y un testigo (sin aplicación) en árboles de nogal pecanero y el monitoreo de los parámetros del contenido nutricional foliar con énfasis en Níquel (6 muestreos). En nuestros resultados se observó un efecto directo de los dos productos a base Níquel (Nickel Plus® y Speedfol™ Pecano) sobre la concentración de Níquel foliar en comparación del Testigo, por lo que se consideran productos eficientes para prevenir "la oreja de ratón" en nogal pecanero.

Palabras clave: Oreja de ratón, níquel, nogal pecanero

Abstract

At the moment, one of the great preoccupations of Pecan nut producers is related to plant nutrition. Where the efficient handling of Zinc (Zn) and Nickel (Ni) has received the more attention in the culture of pecan nut, due to the requirements of the tree and its scarcity in calcareous soils. The "mouse ear" in pecan nut leaves is an abnormal growth result of the deficiency of Nickel in trees of pecan nut. The most common symptom of "mouse ear" is rounded at the tips of the leaflets, where the affected leaves and leaflets are often smaller in size than healthy foliage. The aim of our work was the study of foliar nickel on the mouse ear correction, using two foliar products based Nickel and a control (without application). Pecan nut trees and monitoring the parameters of the content foliar nutrition with emphasis on Nickel (6 sampling). In our results suggest a direct effect of the two products based Nickel (Nickel Plus® y Speedfol™ Pecano) on the foliar concentration of nickel in comparison to the control, which makes more efficient products to prevent "mouse ear" in pecan nut.

Key Wwords: Mouse-ear, nickel, pecan nut

Introducción

Actualmente, una de las grandes preocupaciones de los productores de nogal pecanero es la relacionada con la nutrición vegetal. En la actualidad se tiene conocimiento de que el nogal requiere de 17 elementos esenciales para su buen desarrollo entre estos esta reportado el Níquel (Ni). Sin embargo, el Nitrógeno (N) y el Zinc (Zn) son los nutrientes a los que presenta mayor respuesta en crecimiento, desarrollo y calidad. Por otro lado, se deben de conocer las etapas fenológicas y la dinámica nutricional del cultivo para determinar las necesidades nutricionales y diseñar programas de fertirrigación y/o aspersiones foliares para hacer aplicaciones adecuadas y oportunas de nutrientes a través del sistema de riego en función de estas etapas fenológicas.

Algunos de los factores más restrictivos en la producción de nuez en las áreas nogaleras de México es el manejo eficiente del Zinc (Zn) y Níquel (Ni) que son los micronutrientes que más atención han recibido en los programas de manejo e investigación en el cultivo de nogal pecanero, debido a los requerimientos del árbol y su escasez en los suelos calcáreos (Núñez *et al.*, 2009; Ojeda *et al.*, 2009). Sobre el papel del suelo en este problema se plantean características, tales como la presencia de carbonato de calcio libre y el pH alcalino, inciden negativamente en la disponibilidad, absorción, transporte y asimilación del Zn y Ni por el nogal pecanero (Núñez *et al.*, 2009).

La "oreja de ratón" en hojas de nogal es un crecimiento anormal resultado de la deficiencia de Ni en árboles de nogal pecanero (Wood *et al.*, 2006). La deficiencia de Ni potencialmente afecta el metabolismo del nitrógeno en plantas (Bai *et al.*, 2007). El níquel es requerido por la enzima ureasa en las plantas para la conversión eficiente de la urea en amoníaco. Como resultado de ello, cuando el níquel se encuentra en un nivel insuficiente en la planta, la urea no se convierte de manera eficiente, y la toxicidad se puede desarrollar. El síntoma más común de "oreja de ratón" es un redondeado en las puntas de los foliolos, donde las hojas afectadas y foliolos están a menudo más pequeños en tamaño que un follaje sano.

Los metales que se encuentran más asociados con la deficiencia de Ni son excesivas concentraciones de Zn, Cu, Ca, Fe o Mn. Los suelos anormalmente elevados en un solo, o una combinación de estos puede limitar la absorción de Ni y/o disponibilidad fisiológica ya que son absorbidos por el mismo sistema de transporte (Wood *et al.*, 2004b, 2004c). Debido a la importancia del Níquel en el desarrollo óptimo del nogal pecanero, se planteó como objetivo del presente trabajo, el estudio de la fertilización foliar de Níquel sobre la corrección de oreja de ratón, aplicando dos productos foliares a base de Níquel y un testigo (sin aplicación) en árboles de nogal pecanero y el monitoreo de los parámetros del contenido nutricional foliar con énfasis en Níquel.

Materiales y Métodos

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el municipio de Saucillo, Chihuahua, en la huerta "Fáma" del Sr. Juan Carlos Vergez, durante el ciclo de producción 2010. Para el desarrollo de trabajo de campo se consideró un diseño experimental en bloques al azar, con cuatro repeticiones y se evaluaron dos productos foliares a base de Níquel: Nickel Plus® (Nitrógeno total 5%, Azufre 3% y Níquel 5.4%) y Speedfol™Pecano (Nitrógeno 5%, Fósforo 12%, Potasio 18%, Magnesio 4.2% y Níquel 5.4%) y un testigo sin aplicación. Para estos estudios se utilizaron árboles de nogal pecanero cv. Western Schley en producción, de una edad de 24 años y con una distancia de plantación de 12 x 12 m. Las dosis de aplicación de los productos fueron; para Nickel Plus®, 2 L para 1000 L de agua y para Speedfol™Pecano, 670 g para 1000 L de agua, las aplicaciones fueron el 25 de Mayo y 24 de Junio del 2010, estas dosis de aplicación fueron las que indicaron la etiqueta técnica de cada producto comercial. La evaluación de la investigación se realizó en base a los parámetros del contenido nutricional foliar con énfasis en Níquel (6 muestreos), indicadores fisiológicos y calidad de la nuez.

En el laboratorio las muestras colectadas fueron sometidas a un proceso de lavado para eliminar todo tipo de impurezas o materiales distintos, el lavado de las muestras se hizo dos veces con agua de la llave y finalmente se sumergen en agua desionizada. Se pusieron a secar en una estufa con corriente de aire a una temperatura de 60 °C hasta su total desecación (48 horas).

Para la determinación de los nutrientes minerales: Cu, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y Ni fueron mineralizados por medio de una digestión triácida y posteriormente se hicieron las lecturas en el espectrofotómetro de absorción atómica (Uvalle-Bueno 1993). El nitrógeno total se cuantificó mediante destilación por el método de Kjeldhal. La concentración de P total se determinó utilizando el método colorimétrico nitrovanadomolibdato (Hogue *et al.*, 1970).

Resultados y Discusión

El Níquel es un elemento esencial para el crecimiento, desarrollo y productividad del nogal pecanero (Bai *et al.*, 2006). En el presente estudio, se observa un efecto directo de los dos productos a base Níquel (Nickel Plus® y Speedfol™Pecano) sobre la concentración de Níquel foliar en comparación del Testigo (sin aplicación de Níquel) (Figura 1). Es importante resaltar que el producto Nickel Plus® mejoró la concentración de Níquel foliar en nogal pecanero en comparación al producto Speedfol™Pecano y al Testigo, lo cual lo hace un producto más eficiente para prevenir "la oreja de ratón" en nogal pecanero. Los análisis foliares de hojas sanas y afectadas revelaron que los síntomas son provocados por deficiencia de Níquel, causada por bajos contenidos de Ni o inducida por exceso de Zinc (Zn) (Wood *et al.*, 2004b). En primavera las hojas de las plantas tratadas son normales en forma y tamaño y presenta un concentración de Ni de 7 ppm, mientras que las hojas con síntomas

tienen 0.5 ppm de Ni. Los suelos de los huertos que presentan severa deficiencia tienen contenidos de 0.4 a 1.4 kg/ha (Wood *et al.*, 2006a).

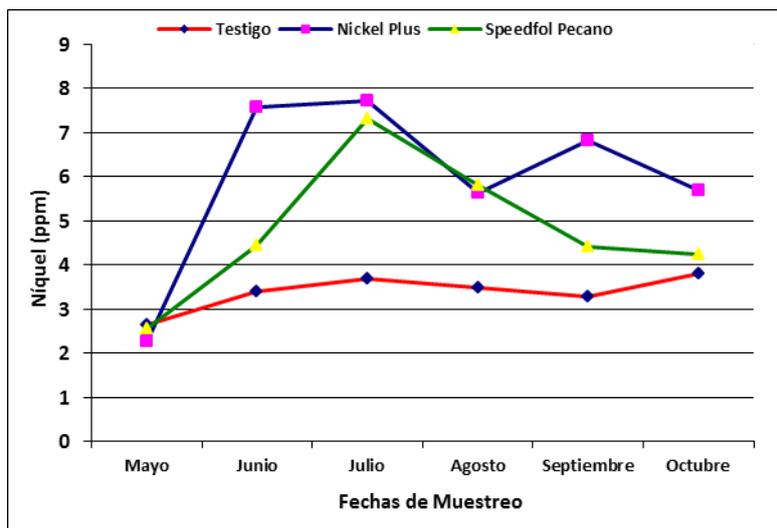


Figura 1. Efecto de la aplicación de Nickel Plus® y Speedfol™Pecano sobre la dinámica nutricional de Níquel foliar en nogal pecanero. Huerta Fátima.

El análisis nutricional foliar es el método más adecuado para diagnosticar el estado nutricional del cultivo y evaluar la disponibilidad de reservas de la planta (Legaz *et al.*, 1995). En nuestra investigación se encontraron diferencias significativas en el análisis nutricional foliar por efecto de la aplicación de los productos a base de Níquel: Nickel Plus® y Speedfol™Pecano, tanto para macronutrientes (Nt, P, K, Ca, Mg y Na) (Cuadro 1), así como para micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn y Ni) (Cuadro 2). Solamente se muestran los valores nutricionales del mes de Agosto de 2010.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de Nickel Plus® y Speedfol™Pecano sobre la concentración de macronutrientes en nogal pecanero. Huerta Fátima. Muestreo de Agosto de 2010.

Productos a base de Níquel	Nt (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Na (%)
Testigo	2.34	0.138	1.13	0.78	0.37	0.0118
Nickel Plus®	2.56	0.142	1.31	1.05	0.33	0.0162
Speedfol™Pecano	2.30	0.138	1.23	0.77	0.42	0.0132
Rango de suficiencia	2.34-2.89	0.106-0.136	0.59-0.89	0.91-1.49	0.29-0.49	0.0097-0.0225

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de Nickel Plus® y Speedfol™Pecano sobre la concentración de micronutrientes en nogal pecanero. Huerta Fátima. Muestreo de Agosto de 2010.

Productos a base de Níquel	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)
Testigo	8.85	56.67	58.27	36.41	3.49
Nickel Plus®	11.19	56.58	73.77	43.51	5.62
Speedfol™Pecano	15.59	56.27	69.34	51.60	5.79
Rango de suficiencia	5.8-10.6	84-132	71-181	22-70	3-15

Conclusiones

Las aplicaciones de Nickel Plus® y Speedfol™ Pecano mejoraron los contenidos de Níquel foliar en nogal pecanero, por lo que pueden prevenir la presencia del desorden nutricional conocido como "caja de ratón".

Literatura citada

- Bai, C., C.C. Reilly, and B.W. Wood. 2006. Nickel deficiency disrupts metabolism of ureides, amino acids, and organic acids of young pecan foliage. *Plant Physiol.* 140: 433-443.
- Bai, C., C.C. Reilly, and B.W. Wood. 2007. Nickel deficiency affects nitrogenous forms and urease activity in spring xylem sap of pecan. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 132: 302-309.
- Hogue, E., G. E. Wilcow, and D. J. Cantliffe. 1970. Effect of soil P on phosphate fraction in tomato leaves. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 95:174-176.
- Legaz, F., M.D. Serna, P. Ferrer, V. Cebolla y E. Primo-Millo. 1995. Análisis de hojas, suelos y aguas para el diagnóstico nutricional de plantaciones de cítricos. Procedimiento de toma de muestras. *Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación. Hojas de Divulgación, 26 pp.*
- Núñez-Moreno, H., J. L. Walworth, A. P. Pond, M and Kilby. 2009. Soil zinc fertilization of Wichita pecan trees growing under alkaline soil conditions. *HortScience* 44: 1736-1740.
- Ojeda-Barrios, D.L., O. A. Hernández-Rodríguez., J. Martínez-Téllez, A. Núñez-Barrios y E. Perea-Portillo. 2009. Aplicación foliar de quelatos de zinc en nogal pecanero. *Revista Chapingo serie Horticultura* 15: 205-210.
- Uvalle-Bueno J. X. 1993. Identificación de las propiedades del suelo asociadas con la clorosis en soya. *Agricultura Técnica en México.* 39(1): 1-19.
- Wood, B.W., C.C. Reilly, and A. P. Nyczepir. 2004a. Mouse ear of pecan: I. Symptomatology and occurrence. *Hortscience* 39: 87-94
- Wood, B.W., C.C. Reilly, and A. P. Nyczepir. 2004b. Mouse ear of pecan: II. Influence of nutrient applications. *Hortscience* 39: 95-100.
- Wood, B.W., C.C. Reilly, and A. P. Nyczepir. 2004c. Mouse ear of pecan: A nickel
- Wood, B.W., R. Chaney and M. Crawford. 2006. Correcting micronutrient deficiency using metal hyperaccumulators: Alyssum biomass as a natural product for nickel deficiency correction. *HortScience* 41: 1231-1234.

FERTILIZACIÓN ORGÁNO-MINERAL Y SU EFECTO EN LA COLONIZACIÓN MICORRÍZICA NATIVA EN LA RIZÓSFERA DE MAÍZ

Baños-Cruz C, Bautista-Cruz Angélica

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-Oaxaca, Hornos 1003, Xoxocotlan. 71230, Oaxaca, México.
mbautistac@ipn.mx

Resumen

Los abonos orgánicos y los fertilizantes minerales pueden estimular o inhibir el desarrollo de la micorriza arbuscular. Por ello, en este estudio se evaluó el efecto de la aplicación individual o combinada de fertilizantes de liberación lenta (FLL) y composta en la colonización micorrízica nativa en la rizósfera de maíz en dos tipos de suelo (planicie y terraza) en Santa María Chachoapam, Nochixtlán, Oaxaca. Para ello, se probaron siete tratamientos: control absoluto (T1), control positivo (T2), composta (T3), FLL1 (T4), FLL2 (T5), composta-FLL1 (T6), composta-FLL2 (T7). En el suelo de planicie (S1) la colonización micorrízica (CM) fluctuó de 15.95% a 58.45% y el porcentaje más alto se registró con T2. En el suelo de terraza (S2) la CM varió de 7.40% a 45.00% y el porcentaje más alto se observó con T5. En S1 la longitud del micelio extraradical (LMER) osciló entre 4.15 m g suelo⁻¹ y 12.08 m g suelo⁻¹ e incrementó con T3, T2 y T6. En S2 la LMER varió de 2.29 m g suelo⁻¹ a 8.65 m g suelo⁻¹ e incrementó con T6. En S1 el número de esporas (NE) osciló entre 275 y 1412 en 100 g suelo⁻¹ y en S2 de 356 a 837 en 100 g suelo⁻¹. En ambos suelos, T3 incrementó significativamente el NE. Se concluye que la aplicación de composta individual o combinada favoreció el desarrollo de la micorriza arbuscular.

Palabras clave: colonización micorrízica, composta, maíz

Abstract

Organic and mineral fertilizers can either stimulate or inhibit the growth of arbuscular mycorrhizal fungi. This study evaluates the effects of individual or combined slow release fertilizers (SRF) and compost on native mycorrhizal colonization in the rhizosphere of maize. Two soil types were tested (valley and terrace) in study sites located in Santa María Chachoapam, Nochixtlán, Oaxaca, Mexico. In total, 7 treatments were tested: an absolute control (T1), a positive control (T2), compost (T3), SRF1 (T4), SRF2 (T5), compost-SRF1 (T6), and compost-SRF2 (T7). In valley soil (S1), mycorrhizal colonization (MC) ranged from 15.95% to 58.45%, and the highest percentage was found with T2. In terrace soil (S2) MC ranged from 7.40% to 45.00%, and the highest percentage was observed with T5. In S1, the length of the extraradical mycelium (LEM) ranged from 4.15 m g suelo⁻¹ to 12.08 m g suelo⁻¹ and increased with T3, T2 and T6, whereas in S2, LEM ranged from 2.29 m g suelo⁻¹ to 8.65 m g suelo⁻¹ and increased with T6. The number of spores (SN) in S1 ranged from 275 to 1412 in 100 g soil⁻¹; SN in S2 ranged from 356 to 837 in 100 g soil⁻¹. T3 significantly increased SN in both soil types. We conclude that the application of compost individual or combined favored the growth of arbuscular mycorrhizal fungi.

Key Words: Mycorrhizal colonization, compost, maize

Introducción

Las micorrizas son asociaciones simbióticas entre los hongos del suelo y los órganos de absorción de las plantas. El mantenimiento de la fertilidad y de la calidad del suelo requiere integrar prácticas agroecológicas que permitan un manejo adecuado de los nutrientes para evitar su carencia o pérdidas por lixiviación, y de la materia orgánica para potenciar la biodiversidad edáfica y optimar las variables edáficas ligadas a su conservación (Labrador, 1996). Una opción con alto potencial para contribuir a tal fin, puede ser la aplicación de fertilizantes de liberación lenta (FLL) y composta. Los FLL no liberan 100% de los nutrientes disponibles al momento de la aplicación, la liberación de éstos varía según el producto y depende de los niveles de humedad del suelo, la temperatura y/o la actividad microbiana (Rose *et al.*, 2004). Los abonos orgánicos, por su parte, aportan materia orgánica, nutrientes y microorganismos, lo cual favorece la fertilidad y la calidad del suelo, así como la nutrición de las plantas (Eghball *et al.*, 2004), sin embargo, su capacidad como fuente de nutrientes es

baja en comparación con los fertilizantes. La región de la Mixteca Oaxaqueña es una de las más pobres de México, la agricultura se basa en el cultivo de maíz, trigo y calabaza, los suelos son alcalinos, con un bajo contenido de materia orgánica y de nutrientes (Velásquez y León, 2006). Bajo este contexto, en este estudio se evaluó el efecto de la aplicación individual o combinada de FLL y composta en la colonización micorrízica nativa en la rizósfera de maíz cultivado en dos tipos de suelo en la comunidad de Santa María Chachoapam, Nochixtlán, Oaxaca.

Materiales y Métodos

El sitio de estudio se estableció en Santa María Chachoapam, Nochixtlán, Oaxaca, a 17°31' N y 97°17' O, con una altitud de 2090 m (INEGI, 2010). El clima es templado, con temperatura media anual entre 12 y 18 °C, 5 meses lluviosos y 6 secos (400 mm de lluvia anual principalmente en los meses de junio, julio y agosto) (INIFAP, 2008). El experimento se llevó a cabo durante un ciclo de producción (junio-octubre de 2009) en dos tipos de suelo: S1 (suelo de planicie, franco arcilloso, color marrón) y S2 (suelo de terraza, franco arcilloso, color rojo amarillento) (Cruz-Domínguez, 2010). La preparación del terreno se hizo de manera convencional (mecanizada) con un barbecho en el mes de marzo y un rastreo 15 días previo a la siembra, la cual se realizó a una densidad de 50,000 plantas ha⁻¹. Se utilizó semilla variedad "Leopardo" (hibrido precoz), pre tratada con el producto comercial Furadán, para control de gallina ciega (Cruz-Domínguez, 2010). Los tratamientos, que fueron definidos tomando como guía la investigación desarrollada por Cruz-Domínguez (2010) quedan indicados en el Cuadro 1. Se utilizaron parcelas de 22.4 m², con tres surcos útiles y dos para efecto de orilla, con una longitud por surco de 7 m, con 140 plantas por parcela (distancia de 80 cm entre surcos y 25 cm entre plantas). Para el análisis se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro repeticiones.

Cuadro 1. Tratamientos de fertilización aplicados en dos tipos de suelo cultivados con maíz (*Zea mays* L.) en Santa María Chachoapam, Nochixtlán, Oaxaca.

Tratamientos	Características de los tratamientos
T1 CA	control absoluto, sin fertilización
T2 C+	control positivo, fertilización convencional (90-46) requerimiento de la zona (INIFAP, 2008) Fosfato diamonico (18-46-00) 100 kg ha ⁻¹ Sulfato de amonio (20-00-00) 125 kg ha ⁻¹ Urea (46-00-00) 100 kg ha ⁻¹
T3 C	Composta bocashi a base de abonovacuno, rastrojo de trigo, piloncillo, carbón, cenizas y suelo, 10 Mg ha ⁻¹
T4 FLL1	FLL1 328.57 kg ha ⁻¹ + urea 45.65 kg ha ⁻¹
T5 FLL2	FLL2 375 kg ha ⁻¹ + Super fosfato triple 59.78 kg ha ⁻¹
T6 C-FLL1	Composta 4 Mg ha ⁻¹ + FLL1 328.57 kg ha ⁻¹ + urea 45.65 kg ha ⁻¹
T7 C-FLL2	Composta 4 Mg ha ⁻¹ + FLL2 375 kg ha ⁻¹ + Super fosfato triple 59.78 kg ha ⁻¹

FLL1, fertilizante de liberación lenta 1 (Multigro 6, 21-14-10 de NPK); FLL2, fertilizante de liberación lenta 2 (Multigro 3, 24-05-14 de NPK); C, bocashi (pH=8.4; 6.25% de carbono orgánico, 364.5 mg kg⁻¹ de P, 0.703% de N total, 6.96 cmol_c kg⁻¹ de K y 16 cmol_c kg⁻¹ de Ca) (Altamirano, 2008).

La aplicación del fertilizante y mineral y orgánico se realizó a los ocho días post emergencia a 5 cm alrededor del tallo de cada planta y a 15 cm de profundidad. A los 40 días se aplicó herbicida Gramoxone y Babel para combatir las malezas. Al término de la cosecha, se seleccionaron cinco plantas de maíz en cada uno de los tratamientos, a cada planta se le retiró la raíz y se guardó en bolsas de plástico. En cada una de las plantas se tomaron cinco submuestras de suelo a una profundidad de 0-20 cm en zonas próximas a las raíces, incluyendo fragmentos de éstas. Las submuestras se mezclaron y homogeneizaron para obtener una muestra compuesta por tratamiento, la cual se almacenó a 4 °C hasta el momento de su análisis. El porcentaje de colonización micorrízica se determinó con la técnica de Phillips y Hayman (1970). La extracción de esporas se realizó por el método de Gerdemann y Nicolson (1963) y el contaron según la técnica de Herrera (1985). La longitud del micelio extraradical (LMER) se llevó a cabo mediante la técnica del gel semisólido y cuantificación por intersección de cuadrantes al microscopio estereoscópico (Robles, 1999). Los datos se analizaron mediante una prueba de separación de medias de Tukey (p<0.05).

Resultados y Discusión

Colonización micorrízica nativa. En el suelo de planicie la colonización micorrízica fluctuó de 15.95% a 58.45% y el porcentaje más alto se registró con T2 (Figura 1a). En el suelo de terraza la colonización micorrízica varió de 7.40% a 45.00% y el porcentaje más alto se observó con T5 (Figura 1b).

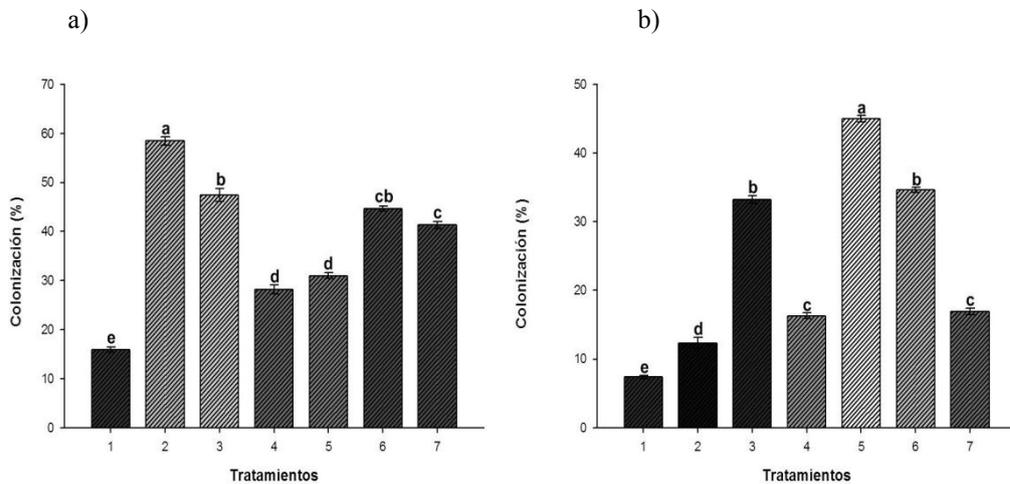


Figura 1. Porcentaje de colonización en la rizósfera de maíz en dos tipos de suelo: a) planicie y b) terraza con siete tratamientos de fertilización órgano-mineral en Nochixtlán, Oaxaca.

Longitud de micelio extraradical. En el suelo de planicie la LMER osciló entre 4.15 m g suelo⁻¹ y 12.08 m g suelo⁻¹ e incrementó con T3, T2 y T6 (Figura 2a). En el suelo de terraza el micelio extraradical varió de 2.29 m g suelo⁻¹ a 8.65 m g suelo⁻¹ e incrementó con T6 (Figura 2b).

Número de esporas. En el suelo de planicie el número de esporas osciló entre 275 y 1412 en 100 g suelo⁻¹ (Figura 3a) y en el suelo de terraza varió de 356.25 a 837.50 en 100 g suelo⁻¹ (Figura 3b). En ambos suelos, esta variable se incrementó significativamente con el T3.

En general, la aplicación de composta promovió el desarrollo de LMER y el número de esporas en ambos suelos. Estos resultados coinciden con los reportados en trabajos previos que han mostrado que la fertilización orgánica puede incrementar la esporulación de algunos hongos micorrízico arbusculares (HMA) (Douds *et al.*, 1997), la densidad de propágulos en el suelo (Harinikumar y Bagyaraj, 1989) y el desarrollo de micelio de HMA (Gryndler *et al.*, 2006).

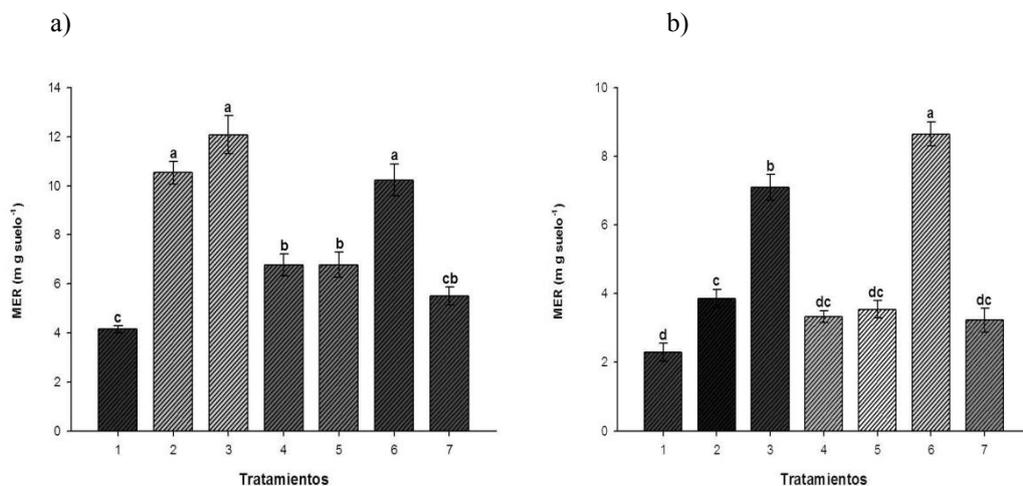


Figura 2. Longitud de micelio extraradical (MER) en la rizósfera de maíz en dos tipos de suelo: a) planicie y b) terraza con siete tratamientos de fertilización órgano-mineral en Nochixtlán, Oaxaca.

a)

b)

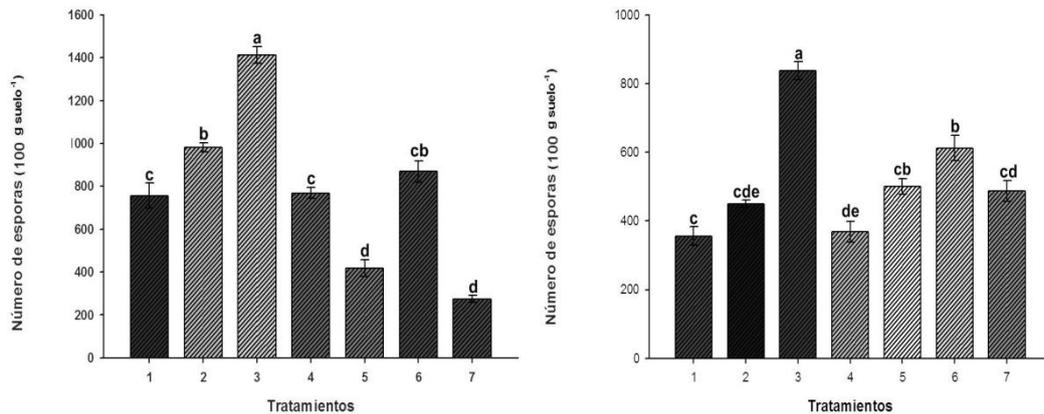


Figura 3. Número de esporas en la rizósfera de maíz en dos tipos de suelo: a) planicie y b) terraza con siete tratamientos de fertilización órgano-mineral en Nochixtlán, Oaxaca.

Conclusiones

La aplicación de composta (bocashi) sola o combinada promovió el desarrollo de micelio extraradical y el número de esporas en la rizósfera de maíz tanto en suelo de planicie como de terraza. Este resultado sugiere la importancia de la aplicación de abonos orgánicos para promover el establecimiento de hongos de micorriza arbuscular en plantas de maíz cultivadas en suelos con contenidos medios de fósforo.

Literatura Citada

- Álvarez-Solís, J.D., D.A. Gómez-Velasco, N.S. León-Martínez, F.A. Gutiérrez-Miceli. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44, 575-586.
- Cruz-Domínguez, G. 2010. Fertilización órgano-mineral y su efecto en las propiedades de suelos cultivados con maíz en Nochixtlán, Oaxaca. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional CIIDIR Oaxaca.
- Douds, D.D., L.Galvez, M. Franke-Snyder, C. Reider, L.E. Drinkwater. 1997. Effect of compost addition and crop rotation point upon VAM fungi. *Agric Ecosyst Environ* 65, 257-266.
- Eghball, B., D.Ginting, J.E. Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agron. J.* 96, 442-447.
- Gryndler, M., H. Hřelová, T. Cajthaml, M. Havránková, V. Řezáčová, H. Gryndlerová, J. Larsen. 2009. Influence of soil organic matter decomposition on arbuscular mycorrhizal fungi in terms of asymbiotic hyphal growth and root colonization. *Mycorrhiza* 19, 255-266.
- Gryndler, M., J. Larsen, H. Hřelová, V. Řezáčová, H. Gryndlerová, J. Kubát. 2006. Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment. *Mycorrhiza* 16, 159-166.
- Harinikumar, K.M., D.J. Bagyaraj. 1989. Effect of cropping sequence, fertilizers and farmyard manure on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in different crops over three consecutive seasons. *Biol Fertil Soils* 7, 173-175.
- INEGI. 2010. Carta Edafológica: México. Escala 1:1 000 000.
- INIFAP. 2008. Paquete tecnológico para la producción de maíz temporal en la Mixteca Alta Oaxaqueña. INIFAP Mixteca, Santo Domingo Yanhuítlán, Nochixtlán, Oaxaca.
- Labrador M., J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Primera Edición. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación & Mundi-Prensa. Madrid. 193 p.
- Millaleo, R., C. Montecinos U., R. Rubio H., A. Contreras N., F. Borie B. 2006. Efecto de la adición de compost sobre propágulos micorrícicos arbusculares en un suelo volcánico del centro sur de Chile. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 6, 26-39.
- Robles, C., 1999. Modificaciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas de suelos en respuesta a la actividad de organismos simbióticos y rizosféricos, en el contexto de una agricultura sostenible. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.

EFFECTOS DEL ESTIERCOL SOLARIZADO EN LA PRODUCCION DEL MAIZ FORRAJERO BAJO RIEGO POR CINTILLA EN SURCOS ESTRECHOS

Vázquez-Vázquez, Cirilo^{1§}, Salazar-Sosa, Enrique², Figueroa-Viramontes, Rafael¹, Orona-Castillo, Ignacio¹, Barboza-Muñiz, Edgar Omar³, Cervantes-Vázquez, Tomás Juan, Álvaro³

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED).

²Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) DEPI, Torreón, Coahuila, México.

³Estudiantes de maestría en Agricultura Orgánica Sustentable en el área de posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED).

[§]E-mail: cirvaz60@hotmail.com

Resumen

Con el objetivo de evaluar los diferentes niveles de estiércol solarizado vacuno en el cultivo de maíz forrajero, variedad san Lorenzo, con distancias entre surcos de 40 cm y 60 cm, se estableció el experimento bajo riego por cintilla en un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y arreglo en franjas, en el ciclo verano 2009. Las variables medidas fueron; altura de planta, número de hojas, rendimiento de forraje verde y seco, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente en planta, para suelo fue materia orgánica, conductividad eléctrica, potencial de hidrogeno y nitratos. Se encontraron diferencia significativa para rendimiento de forraje verde en los niveles de estiércol solarizado vacuno siendo el mejor el tratamiento químico con 84.87 t ha⁻¹ pero estadísticamente igual a los tratamientos de 40, 80 y 120 t ha⁻¹ de estiércol solarizado vacuno; para las distancias entre surcos se encontró que la producción mayor fue para el de 40 cm entre surcos, con un valor de 91.9 t ha⁻¹ de forraje verde, mientras que para el tratamiento de 60 cm entre surcos su valor fue de 60.5 t ha⁻¹.

Palabras clave: *estiércol solarizado vacuno, fibra ácido detergente, fibra neutro detergente, materia orgánica, conductividad eléctrica, potencial de hidrógeno, nitratos.*

Abstract

With the objective to evaluate the different levels of solarized bovine manure in growing forage maize, variety san Lorenzo, with distances between grooves 40 and 60cm, was established under irrigation experiment on a streak randomized block design with four replications arranged in bands, in the summer 2009 cycle. The variables studied were plant height, number of leaves, production of green and dry forage, acid detergent fiber, neutral detergent fiber in plant, soil was organic matter, electrical conductivity, potential hydrogen and nitrate. Significant difference was found for production of green forage in the levels of solarized bovine manure being the best chemical treatment with 84.87 t ha⁻¹ but statistically similar to the treatments of 40, 80 and 120 t ha⁻¹ solarized bovine manure, for distances between grooves was found that the increased production was to 40cm between the groove, with a value of 91.9 t ha⁻¹ of green forage, while for the treatment of 60cm between rows value is 60.5 t ha⁻¹.

Key Words: *solarized bovine manure, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, organic matter, electrical conductivity, potential hydrogen, nitrates.*

Introducción

La región Lagunera, es una de las principales cuencas lecheras del país, el incremento en el ganado lechero también incrementa el consumo de alimento y los requerimientos nutricionales, lo anterior, ha impactado en la demanda de forrajes. Los maíces y sorgos producidos en la Comarca Lagunera como fuente de forraje, juegan un papel importante, ya que de ambos se siembran entre 22,000 y 26,000 ha por año en los ciclos de primavera - verano. Donde la producción estimada de forraje varía entre 448,000 a 564,000 toneladas de forraje seco, misma cantidad que representa aproximadamente del 35 al 40 % del forraje que consume el ganado bovino en esta región. Siendo estos forrajes considerados como los principales cultivos para ensilar en este ciclo. Un informe importante de la producción de forraje en la Comarca Lagunera, lo reportan Núñez *et al.* (1994), en el que recomiendan que es indispensable que se conozca el suelo que sostendrá a las plantas y saber su análisis físico, su contenido de nutrientes, su conductividad eléctrica y su capacidad de intercambio catiónico. Por su

parte, Tisdale y Nelson (1993) mencionan que los abonos orgánicos no solo mejoran las condiciones de acidez de los sustratos, sino que aportan una cantidad importante de nutrimentos y una reducción en los costos de producción. En resumen los principales problemas en la producción de forraje son:

1. Uso ineficiente del agua.
2. Bajo contenido de proteína de algunos forrajes que puedan competir con la alfalfa como el maíz.
3. Falta de dosificación adecuada del estiércol, desconocimiento en el grado de biodegradación y su impacto en el suelo y plante a través del tiempo.
4. Falta de alternativas viables para el productor para una producción sustentable de maíz en la Laguna.

Con base en lo anterior, se plantea el siguiente proyecto con el objetivo general de generar una tecnología de producción viable económica y que en términos de beneficio costo y protección del recurso agua y suelo permita plantearle al productor una alternativa de producción de maíz forrajero en la laguna.

Materiales y métodos

Localización

La Región Lagunera se encuentra ubicada entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud Oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud Norte. La altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m. El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado, el cual se encuentra ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo. Clima seco desértico o estepario cálido con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 241.9 a 258 mm y la temperatura media anual es de 21 °C con rangos de 33.7 como máximo y 7.5 °C como mínimo. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,000 mm (García, 1981). Los suelos en base a los análisis realizados en las áreas experimentales de la Facultad de Agricultura y Zootecnia son arcillosos.

Espacio de exploración

Los factores en estudio y niveles de cada factor se muestran a continuación, así como el total de tratamientos estudiados.

Factor A: distancia entre surcos

Niveles:

A1 = 40cm

A2 = 60cm

Factor B: Estiércol de bovino

Dosis:

B1 = Fertilizante químico

B2 = 120 ton ha⁻¹ de estiércol

B3 = 0 ton ha⁻¹ de estiércol o químico

B4 = 40 ton ha⁻¹ de estiércol

B5 = 80 ton ha⁻¹ de estiércol

Cuadro 1. Relación de tratamientos considerando los dos factores.

Factor A	Factor B	Tratamientos
A1	B1	A1B1 = Fertilizante químico
	B2	A1B2 = 120 ton ha ⁻¹ de estiércol
	B3	A1B3 = 0 (estiércol ó químico)
	B4	A1B4 = 40 ton ha ⁻¹ de estiércol
	B5	A1B5 = 80 ton ha ⁻¹ de estiércol
A2	B1	A2B1 = Fertilizante químico
	B2	A2B2 = 120 ton ha ⁻¹ de estiércol
	B3	A2B3 = 0 (estiércol ó químico)
	B4	A2B4 = 40 ton ha ⁻¹ de estiércol
	B5	A2B5 = 80 ton ha ⁻¹ de estiércol

La distribución de los tratamientos en campo, fue bajo un diseño de bloques al azar y un arreglo en franjas con cuatro repeticiones.

Establecimiento y conducción del experimento

Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo y nivelación antes del establecimiento. El espaciamiento de la cintilla fue a 40 y 60 cm enterrándola a una profundidad de 0.4 m en el suelo. La programación y aplicación de los riegos en el sistema RGS fue con base a la medición realizada de la evaporación utilizando un tanque evaporímetro tipo "A". La aplicación del estiércol se hizo un mes antes de la siembra, con la finalidad principal de que el estiércol se mezcle con el suelo y así tener una cama de siembra de 20 cm con el estiércol incorporado, se aplicó una sola vez. La siembra se efectuó el día 15 de Abril de 2009 en el CAE-FAZ-UJED, se utilizó la variedad San Lorenzo para maíz y así tener y cuantificar el efecto del estiércol en siembras de primavera verano, la fórmula química fue 180-80-00 de N-K-P. Para el tratamiento con fertilización química se utilizó Urea y MAP. Antes de la siembra y después de la cosecha se realizó un muestreo del suelo, en cada unidad experimental, con una barrena de caja extrayendo aproximadamente la cantidad de un kg de suelo, a profundidades de: 0-15, 15-30 cm, con objeto de determinar sus características físicas (textura, temperatura y humedad) y químicas (conductividad eléctrica, materia orgánica, nitratos, pH) mediante análisis en laboratorio. Las variables estudiadas con el fin de determinar cuáles son los mejores tratamientos fueron: rendimiento de forraje verde y seco así como análisis bromatológico post cosecha.

Resultados y discusiones

La comparación de medias para el rendimiento de forraje verde mostró que el mayor rendimiento es el del tratamiento 1 (químico) con 84.87 ton ha⁻¹, seguido de los tratamientos 2 (120 ton ha⁻¹ de estiércol), 5 (80 ton ha⁻¹ de estiércol) y 4 (40 ton ha⁻¹ de estiércol) siendo estadísticamente iguales entre sí, pero diferentes al tratamiento 3 (0 (estiércol ó químico)) con un rendimiento del 66.87 ton ha⁻¹. Resultados similares fueron encontrados por Salazar *et al.* (2007). Los rendimientos de forraje verde superan a los híbridos intermedios existentes en la región Lagunera ya que su producción es de 48.2 ton ha⁻¹ (González *et al.*, 2002), esta variedad San Lorenzo demuestra que es muy buena y esta adapta a la región.

Cuadro 2. Comparación de medias para rendimiento de maíz forrajero verde bajo riego por cintilla y estiércol solarizado en FAZ-UJED.

Tratamiento	\bar{x} (t ha ⁻¹)
1 (Químico)	84.87 a
2 (120 t ha ⁻¹ de estiércol)	79.62 a
5 (80 t ha ⁻¹ de estiércol)	75.00 a
4 (40 t ha ⁻¹ de estiércol)	74.62 a
3 (0 (estiércol ó químico))	66.87 b
DMS= 16.88	

En el Cuadro 3, se observa que el mayor valor de materia orgánica (MO) fue para la profundidad de 0-15 cm siendo el valor de 3.11 %, esto refleja el beneficio del estiércol solarizado ya que incrementó más del 1% el contenido en esta profundidad, estos resultados fueron similares a los de Castellanos (1986) quien comprobó que la aplicación de abonos orgánicos al suelo es una forma de incrementar la materia orgánica.

Cuadro 3. Comparación de medidas para M.O. por profundidad en diferentes dosis de estiércol solarizado en el cultivo de maíz bajo riego por cintilla en la FAZ-UJED.2009.

PROFUNDIDAD CM	(\bar{x}) %
0 - 15	3.11 a
15 - 30	1.30 b

DMS = 0.04

Con respecto al rendimiento en el factor distancia entre surcos se observa un incremento de un tercio con el tratamiento de 40 cm entre surcos con un valor de rendimiento de forraje verde de 91.9 t ha⁻¹ (Cuadro 4). El valor de rendimiento del tratamiento de 60 cm es igual o superior a los mejores

rendimientos de los híbridos establecidos en la región. La aplicación de estiércol solarizado superó los rendimientos medios en base verde de 50 t ha⁻¹ reportados para la región por el INIFAP (2006).

Cuadro 4. Comparación de medias para rendimiento de forraje verde en las diferentes distancias entre surcos bajo riego por cintilla.

TRATAMIENTO	(\bar{x}) t ha ⁻¹
1 (40cm)	91.9 a
2 (60cm)	60.5 b

Conclusiones

El mejor rendimiento se encontró en la fertilización química con un valor de 84.87 t ha⁻¹ siendo estadísticamente igual a casi todos los tratamientos de estiércol solarizado. El rendimiento para distancia entre surcos el mejor es el de 40cm con un rendimiento de 91.9 t ha⁻¹. El mayor incremento de materia orgánica fue a la profundidad de 0-15cm con un valor de 3.11%. Se recomienda establecer el cultivo del maíz con una dosis de estiércol solarizado de 120 t ha⁻¹, además de analizar después de cada ciclo agrícola el suelo para observar sus niveles de salinidad y sodicidad.

Literatura Citada

- Castellanos, J. Z. 1986. Evaluación de estiércol de bovino y gallinaza como fuente de fósforo en el cultivo de alfalfa. *Agric. Tec. Méx.* 12:247-258.
- González, C.F., G. Núñez H. y A. Peña R. 2002. Rendimiento, calidad y potencial de producción de leche de 21 híbridos comerciales de maíz, en Aguascalientes (resumen). XXXVIII. Reunión nacional de investigación pecuaria, Puebla, Puebla. México.
- García, E. 1981, Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2006. Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro Técnico. Ed. INIFAP. Torreón, Coahuila. México.
- Núñez, H. G., F. González, Martín del Campo y A. A. De Alba. 1994. Efecto de la densidad de plantas en la producción y calidad de maíz híbrido de hojas erectas para ensilaje. *Av. en Inv. Agropecuaria.* 3:25-30.
- Tisdale, S. L., W.L. Nelson, J. D. Beaton y J. L. Havlin. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers*. Fifth edition. Macmillan Publishing Company. New York.
- Salazar-Sosa, E. Trejo-Escareño, C. Vázquez-Vázquez y J. López-Martínez. 2007. Producción de maíz bajo Riego por cintilla con aplicaciones de estiércol Bovino. *Revista Internacional de Botánica Experimental.* Pp. 170-185.

PRODUCCION ORGANICA DE MAIZ FORRAJERO A DOS DENSIDADES DE POBLACION ABONADO CON ESTIERCOL SOLARIZADO

Salazar Meléndez Enrique^{1*}, Luna Anguiano Jesus^{1*}, Salazar Sosa Enrique², Trejo Escareño Héctor Idilio² y Urbina Martínez Miguel A.³

¹Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, ²Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED.

*E-mail: e79_esm@hotmail.com. ³Escuela Preparatoria Diurna. UJED.

Resumen

En la comarca lagunera se produce mensualmente una cantidad de 12 495 716 toneladas de estiércol bovino lechero que están siendo utilizados en la agricultura sin ser tratado Luévano y González, 2001). Una practica común entre los productores de la región es la aplicación de estiércol al suelo el cual esta ocasionando serios problemas de salinidad y sodicidad. El experimento fue realizado en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED). Los factores en estudio fueron: densidades de siembra (1=53, 325 y 2=88,865 p ha⁻¹) y las dosis de estiércol solarizado (0, 40, 80 y 120 t ha⁻¹) y un testigo con fertilizante químico (100-150-00), Se empleo un diseño experimental de bloques al azar con arreglo en franjas y cuatro repeticiones. El objetivo del trabajo fue determinar el impacto del estiércol solarizado sobre la producción de dos densidades del cultivo de maíz forrajero y características del suelo. Los resultados muestran que existió diferencias estadísticas en las densidades con una pr>F de 0.029, donde el mayor rendimiento fue en la densidad 2 con un rendimiento promedio de 62.95 t ha⁻¹ y la densidad uno alcanzo un valor promedio de 58.8 t ha⁻¹. En los tratamientos de estiércol la materia organica mostró una diferencia estadística con una pr>F de 0.0002 donde se encontraron los valores mas altos en las dosis de 80 y 120 t ha⁻¹ con valores de 2.32 y 2.52 % respectivamente.

Palabras clave: *estiércol bovino, humus y forraje.*

Abstract

A total manure production of 12 495 716 tons per month is generated from milking cows at the Comarca Lagunera and used in agriculture fields without any kind of treatment (Luévano y Gonzalez, 2001). Adding raw manure to the soil has become a common practice among the ranchers of this region causing serious salinity problems. The experiment was established at the agriculture experimental fields in the Facultad de Agricultura y Zootecnia, Division de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED). The studying factors were crop density (1=53,325 and 2=88,865 p ha⁻¹), the total tons of treated manure added to the soil (0, 40, 80 y 120 t ha⁻¹) and a chemical fertilizer witness (100-150-00). The experiment distribution was randomized block design with four replications. The objective of this study was to determine the impact of treated manure over two corn crop densities and soil characteristics. The results showed statistic differences between the two crop densities (pr>F of 0.029) being density number two the higher one with an average production of 62.95 t ha⁻¹ and density number one reached an average of 58.8 t ha⁻¹. In the treated manure applications the organic matter showed a statistic difference with a pr>F of 0.0002 were the highest values were achieved in 80 and 120 t ha⁻¹ (2.32 and 2.52%).

Key words: *cow manure, humus and forage.*

Introducción

La producción orgánica es un sistema que emplea insumos naturales y prácticas como la aplicación de compostas y abonos verdes, uso de repelentes y fungicidas a base de plantas y minerales entre otras, prohibiendo el uso de pesticidas y fertilizantes de síntesis química (Gómez *et al.*, 2003); se caracteriza por garantizar al consumidor el suministro de alimentos inocuos, de alta calidad y en cantidades suficientes.

El mantener una adecuada cantidad de humus en el suelo, el empleo de técnicas agrícolas que sean respetuosas con el medio ambiente y la conservación del suelo, la rotación de cultivos, así como la eliminación de técnicas y productos contaminantes forman parte de los principios fundamentales de la

agricultura orgánica (Fortis *et al.*, 2007). La producción orgánica basada en las características y principios anteriores ha sido aceptada mundialmente siendo Oceanía quien mayor superficie orgánica posee (39%), seguido de Europa (21%) y de América Latina (20%) (Willer *et al.*, 2006). México cuenta aproximadamente con 307,693 hectáreas de superficie cultivada de manera orgánica; destacando los estados de Chiapas y Oaxaca con 86,384.36 y 52,707.85 hectáreas, respectivamente (Valero, 2007).

El maíz al igual que cualquier cultivo requiere de una cantidad suficiente de nutrientes para satisfacer sus necesidades, sin embargo los nutrientes que demanda el cultivo son deficientes en el suelo, estos pueden ser aportados por fertilizantes orgánicos como estiércoles y residuos de cosecha (Salazar *et al.*, 2002). La densidades de siembra en maíz para la región van desde las 80 hasta las 12 000 plantas por hectárea (Núñez *et al.*, 2007). En la Comarca Lagunera se genera mensualmente una cantidad de 12 495 716 toneladas de estiércol bovino lechero, que actualmente están siendo utilizadas sin ningún tratamiento, y en algunas partes de la región está siendo uno de los elementos que mas contaminación aportan al medio ambiente (Luévano y González, 2001). Una práctica importante es el monitoreo del suelo antes de la aplicación del estiércol, para de esta manera decidir cuanto aplicar por año; se requiere del conocimiento del porcentaje de descomposición o de la también llamada tasa de mineralización, lo que se utiliza de apoyo al calcular las dosis de abono orgánico (Salazar *et al.*, 2003), por esta razón el objetivo de esta investigación fue determinar la mejor dosis de aplicación de estiércol solarizado sobre la mineralización del nitrógeno y su impacto en el rendimiento de dos densidades de maíz forrajero y las características del suelo.

Materiales y Métodos

Localización geográfica del sitio

La comarca Lagunera se encuentra en la parte centro-norte del país entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte y se cuenta con una altura sobre el nivel del mar de 1139 m.

Ubicación del sitio experimental

El experimento fue realizado en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en el ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo.

Características físicas y químicas del estiércol.

Los estiércoles en la comarca lagunera tienen diferencias en cuanto a contenidos de nutrimentos, Salazar *et al.* (2003) reportan que en términos generales el estiércol (analizado en la FAZ-UJED) contiene 1.02% de sodio (Na) con una C.E. de 5.5 a 7.6 dS m⁻¹.

Espacio de exploración

Los factores en estudio fueron la densidad del cultivo como factor A (53, 325 y 88,865 p ha⁻¹) y como factor B las dosis de estiércol solarizado con dosis de 0, 40, 80 y 120 t ha⁻¹ y un testigo con fertilizante químico (100-150-00) de N-P-K, respetivamente.

Diseño experimental

El diseño experimental que se empleo fue bloques al azar con un arreglo en franjas con cuatro repeticiones.

Establecimiento y conducción del experimento

Se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo y nivelación, antes de la aplicación del estiércol solarizado, posteriormente se aplicó el estiércol, para luego volver a rastrear y por último se colocó la cintilla calibre de 8 mil (0.2 mm), con emisores a cada 15 cm y tubería necesaria, donde se instaló la cintilla a una distancia de 0.75 m, superficialmente.

Aplicación del estiércol

La aplicación del estiércol se realizó un mes antes de la siembra, con el fin de que se mezclara con el suelo y que se tuviera el estiércol incorporado.

Siembra

La siembra se realizó el día 5 de julio de 2010 considerado en la región como ciclo de verano, utilizando la variedad San Lorenzo, con distancias entre surcos de 0.75 m de separación y 0.27 m para la densidad 1 y 0.16 m para la densidad 2.

Variabes medidas en el suelo

Se realizaron dos muestreos del suelo, con una barrena de caja extrayendo un kilogramo de suelo, a profundidades de 0-15, 15-30 cm, con el objetivo de determinar sus características químicas mediante análisis de laboratorio como son el potencial de hidrogeno (pH), la conductividad eléctrica (CE), la materia Orgánica (MO) y los nitratos (NO₃).

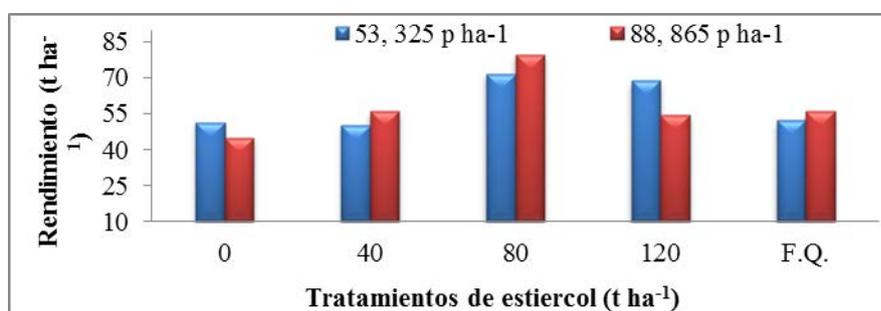
Variabes evaluadas en la planta

Las variables evaluadas en la planta fueron: rendimiento de forraje verde, altura de planta, altura y peso de mazorca.

Resultados y Discusión

Rendimiento

El análisis de varianza mostro diferencias estadísticas entre densidades con una $p > F$ de 0.029, donde el mayor rendimiento fue en la densidad 2 con un rendimiento promedio de 79.6 t ha⁻¹ en el tratamiento de 80 t ha⁻¹ y la densidad uno alcanzo un valor de 71.7 t ha⁻¹ con la misma dosis, seguidos de la dosis de 120 t ha⁻¹ de estiércol solarizado.



*F.Q.= Fertilizante Químico 100-150-00

Figura 1. Rendimiento de forraje verde en dos densidades de población en maíz forrajero CAE-FAZ – DEP-UJED. 2010

Altura de planta

Los datos del Cuadro 1 muestran las medias de las alturas de planta en las dos densidades de observación donde no se encontró diferencias estadísticas, ni entre los tratamientos estercolados ni entre densidades.

Cuadro 1. Medias de la altura de planta en dos densidades de población de la producción de maíz forrajero. CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.

Tratamientos de estiércol	53,325 p ha ⁻¹	88,865 p ha ⁻¹
0 t ha ⁻¹	222.625	236.625
40 t ha ⁻¹	243.125	236.125
80 t ha ⁻¹	239.750	216.125
120 t ha ⁻¹	246.812	227.000
F.Q.	210.750	247.375

F.Q. Fertilizante Químico (100-150-00)

Altura de mazorca

Para esta variable se encontró diferencia estadística en el factor planta únicamente alcanzando una $p > F$ de 0.025 en el cual la prueba de medias indica que en la densidad 1 se tuvo un rendimiento igual en los tratamientos de 120 y 40 t ha⁻¹ con una altura de 113.5 (centímetros) cm siendo estos los valores más altos en la densidad 1 seguidos por el tratamiento de 80 t ha⁻¹ y dejando en ultimo lugar a la fertilización química y el testigo, en la densidad 2 la fertilización química supero a todos los tratamientos con 116 cm seguido de la dosis de 40 t ha⁻¹ con 107 cm y seguido del testigo que alcanzo 106.7 cm quedando en ultimo lugar las dosis de 120 y 80 t ha⁻¹ obteniendo estos últimos resultados muy similares de 95 y 99cm.

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Peso de mazorca

Esta variable mostro diferencia estadística al momento de la cosecha para los tratamientos de estiércol con una $P > F$ de 0.019 5). La prueba de medias indica que el mayor peso de mazorca lo obtuvo el tratamiento de 80 t ha⁻¹ de estiércol solarizado en la densidad 1 y en la densidad 2 con 520 y 497 g respectivamente, seguido del tratamiento de 120 t ha⁻¹ de estiércol para la densidad 1 con un peso promedio de 475 g por planta y el fertilizante químico con un valor de 443 g.

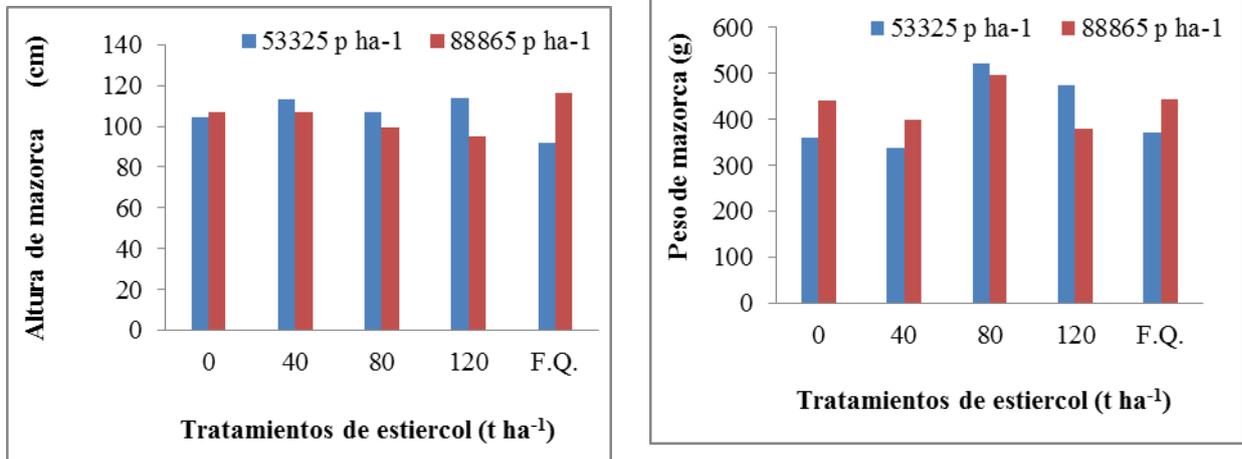


Figura 2. Altura de mazorca (izquierda) y Peso de mazorca (derecha) en dos densidades de población en el cultivo del maíz forrajero. CAE-FAZ-DEP-UJED. 2010

Materia Orgánica

Esta variable mostro una diferencia muy marcada para los tratamientos de estiércol solarizado alcanzando una $pr > F$ de 0.0002. La comparación de medias muestra los valores más altos de esta variable en la densidad 1 y en la densidad 2 con las dosis de 80 t ha⁻¹ los cuales alcanzaron un valor de 2.32 y 2.52 % seguidos de la dosis de 120 t ha⁻¹ que obtuvo un 2.32 para la densidad 1 y 1.45 para la segunda densidad, donde esta segunda tuvo un porcentaje menor al fertilizante químico pero solo en la segunda densidad. Esto refleja que la aplicación apropiada de abonos orgánicos en suelos agrícolas aumenta como medio de disposición, reciclaje de nutrientes y la conservación del agua (López *et al.*, 2001).

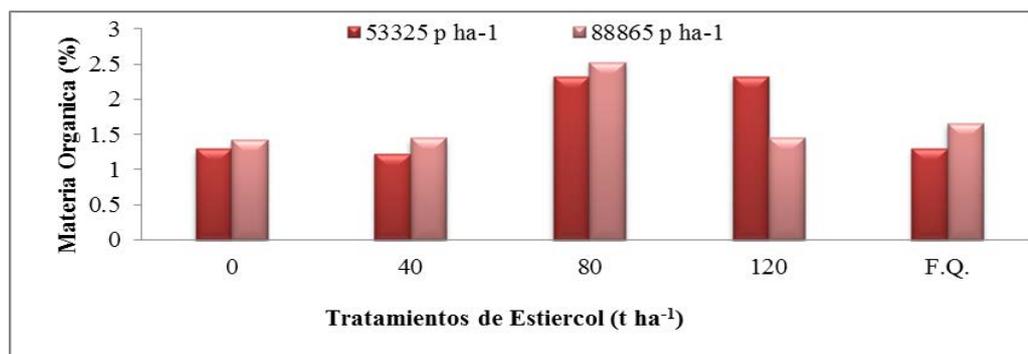


Figura 3. Materia Orgánica (%) al final del ciclo del cultivo de maíz forrajero. CAE-FAZ-DEP-UJED. 2010.

pH, CE y Nitratos.

El pH, la CE y los nitratos del suelo no indica diferencias estadísticas sin embargo las pruebas de medias en el pH indican valores que van desde 6.92 hasta 7.95, en tanto que en la conductividad eléctrica los valores varían en un rango de 1.9 hasta 4.5 encontrando los valores más altos principalmente en la dosis de 40 t ha⁻¹ en la densidad 1 y en la densidad 2, mientras que los nitratos van desde 3.7 hasta 10.9 encontrando los valores mayores en las dosis de 120 y 80 t ha⁻¹. Para el pH se conoce que las concentraciones de iones H⁺ son muy comunes en suelos calcáreos, típicos de la región

(Salazar *et al.*, 2009). Aunque la cantidad de nitratos no mostro diferencia y se obtuvieron valores muy bajos puede ser un factor de estudio para una trabajo próximo ya que la cantidad de estiércol que se aplico no se biodegrada al cien por ciento en un ciclo y existe cantidad de este que degradara durante el siguiente ciclo (Salazar *et al.*, 2010).

Cuadro 2. Medias de pH, ce y nitratos en dos densidades del cultivo de maíz forrajero. CAE-FAZ-DEP-UJED. 2010

Tratamientos de estiércol	53,325 p ha ⁻¹			88,865 p ha ⁻¹		
	pH	CE	NO ₃	pH	CE	NO ₃ ⁻
0 Ton ha ⁻¹	7.25	2.40	3.92	7.95	1.97	3.75
40 Ton ha ⁻¹	6.45	3.15	3.57	7.40	3.10	5.45
80 Ton ha ⁻¹	6.82	4.17	6.45	7.50	3.62	7.15
120 Ton ha ⁻¹	7.92	3.05	10.90	7.65	2.75	4.50
F.Q.	7.75	2.90	3.70	6.97	2.77	4.10

F.Q.= Fertilizante Químico 100-150-00

Conclusiones

El tratamiento de estiércol que más forraje verde produjo fue el de 80 t ha⁻¹ en la densidad 2 con un valor de 79.6 t ha⁻¹ y para la densidad 1 con 71.7 t ha⁻¹ en el mismo tratamiento de estiércol. La densidad 1 mostro mayor altura de mazorca que la densidad 2 en todos los tratamientos siendo el mejor la dosis de 120 t ha⁻¹ de estiércol. Las altas densidades de población no tienen inferencia en la altura de mazorca. La aplicación de estiércol provoca un incremento en la materia orgánica del suelo

Literatura citada

- Fortis M., Salazar E., Orona C. I., Leos R. J., Rodríguez R. C., Montemayor T. J., García S. J., Aldaco N. R. 2007. Capítulo 1 Estadísticas de la Producción Orgánica. Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. Impresos Selectos ARAC.
- Gómez Cruz, M. A., Gómez Tovar, L. y Schwentesius Rindermann, R. 2003. México como abastecedor de productos orgánicos. Rev. Comercio Exterior. Vol. 53, No. 2. México, D.F.
- Luévano G. A., Noel E. Velázquez. 2001. Ejemplo Singular en los Agronegocios, Estiércol Vacuno: de Problema Ambiental a Excelente Recurso. Revista Mexicana de Agronegocios, Julio-Diciembre. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. la Universidad Autónoma de la Laguna. La Universidad Autónoma Agraria —Antonio Narro— Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. Pp 306-308.
- Salazar S. E., Vázquez V. C., y Rivera O. O. 2002. Manejo y biodegradación del estiércol bovino en la Comarca Lagunera, Memorias de la XV semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED).
- Salazar S. E., Vázquez V. C., Leos R. J., Fortis H. M., Montemayor T. J. 2003. —Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo riego sub-superficial”, publicado en Phytón, Argentina.
- Valero, G.J. 2007. Agricultura Orgánica Generalidades en México. Campo experimental —E Verdineño”, INIFAP, Nayarit, México. RNIAP, Memorias 2007.
- Willer, Helga and Minou Yussefi. 2006. The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2006. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM), Bonn Germany & Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, Switzerland.

EL USO DE COMPOSTA DE CACHAZA EN SUELOS CALCÁREOS Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE SORGO

Sandoval-Castro Engelberto¹, Cortez-Hernández Graciano², Tornero-Campante Mario Alberto³, y Rodríguez-Mendoza Ma. De Las Nieves⁴

¹Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, (engelber@colpos.mx). ²BEDR 001, DGETA-SEP, ³Profesor Investigador del Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. ⁴Profesor investigador del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Edo. De México.

Resumen

El uso de composta de cachaza por su alto contenido de nutrimentos y materia orgánica, pone a disposición del cultivo el hierro requerido y reduce la clorosis logrando un desarrollo óptimo de la planta e incrementando su producción. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la composta de cachaza en la corrección de clorosis férrica en suelo calcáreo en el cultivo de sorgo en condiciones de temporal. Se incorporó la composta de cachaza en combinación con fertilizante químico, en dos localidades del Estado de Puebla. Los resultados muestran diferencia altamente significativa, entre los primeros tres tratamientos que carecen de composta, con menor altura de planta, mayor porcentaje de clorosis y menor rendimiento; en contraste con los seis restantes tratadas con cinco y 10 t ha⁻¹ de composta, con menor porcentaje de clorosis y mayor rendimiento de grano; los mejores tratamientos corresponden al cinco, seis, ocho y nueve en ambos experimentos. Por otro lado se observó que el fertilizante químico no tiene ningún efecto en el desarrollo ni en el rendimiento por lo que su aplicación solo incrementa los costos de producción. En los tratamientos con composta la respuesta fue inmediata, mientras que en los tratamientos que no se aplicó, la planta tuvo un retraso en su crecimiento, al grado que en la comunidad de Agua Dulce la muerte fue progresiva del 95% de las plantas, se concluye que la composta de cachaza en suelos calcáreos, reduce la presencia de clorosis y aumenta el rendimiento.

Palabras clave: *Sorghum bicolor*, deficiencias, nutrimentos, fertilización orgánica.

Abstract

The use of filter cake in the form of compost for its high content of nutrients and organic matter makes available to the crop the iron required and reduces the chlorosis having an optimal development in the plant which reflects an increase in production, whose objective was to evaluate the effect of filter cake on correcting iron chlorosis in calcareous soil in the cultivation of sorghum under rainfed conditions. In the present study the filter cake compost was incorporated with combination of chemical fertilizer, developed in two localities in the State of Puebla. The results show a highly significant difference, we between the first three treatments without compost of rum, with lower plant height, higher percentage of chlorosis and reduced productivity in contrast with the remaining six treated with five to 10 t ha⁻¹ compost in a lower percentage of chlorosis and increased grain yield was observed that the best treatments are five, six, eight and nine in both experiments. On the other hand we observed that the chemical fertilizer has no effect on the development or performance so its implementation only increases productions costs. In the treatments with compost the response was immediate, whereas in treatment which was not implemented, the plant had a delay in growing, even in the town of Agua Dulce we could confirm the stagnation and dying up to 95% of the plants, we conclude that the filter cake compost on calcareous soils, reduces the presence of chlorosis and increase the yield.

Index words: *Sorghum bicolor*, deficiencias, nutrients, organic fertilization.

Introducción

Una necesidad básica en la producción de alimentos está íntimamente relacionado con la fertilidad del suelo que se modifica en función de diferentes factores; tal es el caso de los suelos de origen calcáreo que por su pH alcalino, inducen deficiencias nutrimentales (Fuentes, 2002). Los suelos que predominan en la Mixteca Baja Poblana se clasifican como calcáreos por su alto contenido de carbonatos totales (INEGI, 2010), en estas condiciones se presenta un bloqueo en la absorción de algunos nutrimentos como el hierro y el zinc (Sierra *et al.*, 2007; Ortega-Blu, 2007), bajo estas condiciones en la planta se manifiesta la clorosis férrica (Fernández y Ebert, 2005); además, la

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

degradación del suelo y el manejo inadecuado de los fertilizantes repercute, no solo en el deterioro del suelo mismo sino también en la contaminación de los alimentos y las aguas subterráneas.

Por otro lado en la región de la mixteca poblana, se encuentra situado el ingenio azucarero de Atencingo, que genera anualmente 45 mil toneladas de cachaza, un residuo orgánico que a pesar de su gran contenido nutrimental ha sido subutilizado, lo que ha provocado una fuente de contaminación para el suelo y los mantos freáticos. En los últimos años se ha estado produciendo composta de cachaza con la finalidad de comercializarla para aplicarla en terrenos agrícolas de la región. Sin embargo, aun falta demostrarle al productor en campo, las bondades de este biofertilizante. Arreola-Enriquez *et al.* (2003) reportan que la cachaza en base seca contiene 68% de MO, 59% de humedad, 2.58% de N, 2.03% de P, 1.31% de K, 4.13% de Ca, 0.31% de Mg, 127 y 987 mg kg⁻¹ de NO₃ y NH₄⁺ y un pH de 6.7; por lo tanto, lejos de ser un problema ambiental, este subproducto representa un abono orgánico con alto contenido nutrimental.

Castellanos *et al.* (2000) mencionan que los suelos calcáreos pueden presentar un pH que va de 7.3 hasta 8.4 sin llegar a ser sódicos, pero su pH no puede ser modificado fácilmente, por lo que no es económico neutralizar estos suelos mediante la adición de ácidos, sino solamente manejarlos adecuadamente para que no se presenten problemas de disponibilidad nutrimental, siendo principalmente la deficiencia de hierro y zinc los factores limitativos. Este mismo autor señala que la materia orgánica es la principal variable que afecta las propiedades físicas del suelo que por su acción quelatante, se le asocia con la disponibilidad de Fe, Mn, Cu, y Zn para la planta. De allí la importancia de tener estrategias de manejo del suelo que tiendan a incrementar la materia orgánica del mismo en el mediano y largo plazo. La adición de composta aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC), trayendo consigo el incremento de la reserva de elementos nutritivos para la planta, compensando asimismo los aniones y cationes en el suelo, formando quelatos de Fe y manganeso (Mn), asegurando así el transporte de estos elementos; contribuyendo con el aporte de micronutrientes extraíbles, en contraste con la aplicación de fertilizantes químicos (Herencia *et al.*, 2008). De igual manera, la incorporación de abonos sintéticos, combinados con la composta, ayuda a la mineralización y disponibilidad de nutrimentos que requiere la planta (Sikora y Enkiri, 2000).

Arreola-Enriquez *et al.* (2004) y Velarde *et al.* (2004), señalan que la cachaza o torta de los filtros al vacío, es un residuo rico en nitrógeno, fósforo y calcio, que resulta del proceso de la clarificación del guarapo, constituido por materias terrosas y una cantidad importante de materia orgánica. Su gran importancia como materia prima para el compostaje se deriva de su aptitud para el mismo, su abundancia y por ser limitados los usos a que se dedica fuera de la fertilización y enmienda de suelos. El contenido medio nutrimental de la cachaza en materia orgánica (MO), N, P₂O₅, K₂O es de 80, 1.60, 1.20, 0.40 por ciento sobre base seca respectivamente, además contiene calcio (1.5 a 4%), magnesio (0.8 a 1.24%), hierro (0.4 a 2%) y otros microelementos como manganeso (0.08 a 0.16%), cobre (0.006 a 0.04%) entre otros (Velarde *et al.*, 2004).

En la zona de estudio entre los cultivos más importantes es la caña de azúcar con una superficie sembrada de 15,137.31 ha y en segundo lugar el sorgo con una superficie de 12,776 ha que se siembran en el estado (Pastrana, 2007; INEGI, 2010). Ambos cultivos se ven afectados por la clorosis férrica, razón por la cual el productor tiene que aplicar sulfato ferroso vía foliar en repetidas ocasiones. Segura *et al.* (2000) quien refiere que el sorgo es un cultivo muy susceptible a la deficiencia de nutrimentos, principalmente de Fe y Zn.

Por tal motivo el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la composta de cachaza en la corrección de clorosis férrica y rendimiento en el cultivo de sorgo en un suelo calcáreo, en condiciones de temporal en el Valle de Matamoros, Puebla.

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se estableció en dos comunidades: San Juan Raboso, municipio de Izúcar de Matamoros y, Agua Dulce, municipio de Tilapa, que se ubican en la Mixteca Poblana. Ambos sitios fueron seleccionados considerando que en años anteriores se sembró maíz o sorgo y se observaron marcados síntomas de clorosis en el cultivo. Los experimentos se establecieron en suelos calcáreos en condiciones de temporal, evaluándose dos fuentes de fertilizante orgánico y mineral. Para el experimento en la comunidad de San Juan Raboso: a) composta de cachaza, con dosis de cero, cinco y 10 t ha⁻¹, b) fertilizante mineral usando la formula 110-50-60 (sulfato de amonio, superfosfato de

calcio simple y sulfato de potasio) (Pastrana, 2007), aplicando 3 dosis diferentes de cero, el 50% (55-25-30) y el 100% de la fórmula (110-50-60), en un diseño factorial de 3^2 resultando nueve tratamientos con sus repeticiones.

Para el experimento de Agua Dulce: El diseño de tratamientos fue un bifactorial, por un lado la composta de cachaza con la dosis de 0, 5 y 10 t ha⁻¹, y por otro lado el fertilizante mineral con 0 dosis, 55-25-30 y 110-50-60 (parcela chica), resultando 9 tratamientos con seis repeticiones, sumando un total de 54 unidades experimentales. En tratamiento de parcela grande (a 3 bloques), se aplicó sulfato ferroso (FeSO₄) vía foliar a razón de 12 Kg ha⁻¹ como dosis única a los 45 días después de su germinación. Se usó el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor*), de la variedad D66, por ser uno de los cultivos más importante de la región, además de ser susceptible a la deficiencia de micronutrientes, específicamente de hierro. Para el análisis de los resultados se aplicó pruebas de análisis de varianza y de medias de las diferentes variables de estudio con Tukey usando el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2004).

Resultados y discusión

Los resultados expuestos en el Cuadro 1, son de la parcela experimental de Agua Dulce, el análisis de varianza de las variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano en los tratamientos de parcela grande (TPG) y parcela chica (TPCH), muestra una diferencia estadística altamente significativa, incluso en el peso de cien semillas (P100) también encontramos variabilidad altamente significativa en parcela chica, lo que deja ver que la deficiencia férrica afecta el peso de grano, confirmando lo que otros autores han encontrado en investigaciones en otros cultivos que la clorosis férrica por deficiencia en actividad fotosintética afecta tamaño, calidad y peso de los frutos (Razeto y Palacios, 2005; de Santiago y Delgado, 2007). En comparación de medias se puede ver que la diferencia entre tratamientos se debe principalmente al uso de composta, reflejándose en los tratamientos en los que no se aplicó composta de cachaza con menor peso, y fue tan severa la deficiencia que en el primer tratamiento impidió que la planta desarrollara e incluso se pudo constatar que en el 90% de ellas murieron por lo que la producción fue insignificante (0, 90 y 833 kg ha⁻¹) en parcela chica (Figura 1) y en parcela grande tratadas con sulfato ferroso, en los tratamientos que no contienen composta, estos alcanzan un poco de mayor rendimiento (2.433, 3.566, 5.745), confirmando lo que señala Álvarez *et al.* (2005) y Hansen *et al.* (2003), quienes mencionan que la clorosis férrica limita el desarrollo de la planta y es responsable de la pérdida del rendimiento. En los tratamientos que contienen composta de cachaza pero no contienen fertilizante químico (5-0, 10-0) el rendimiento es menor, comparados con los tratamientos en los que se combina la composta con el fertilizante mineral por lo que podemos aseverar que estos son los mejores tratamientos, considerando que son suelos delgados con deficiencia de macroelementos (N,P,K).

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano, en Agua Dulce, Tilapa.

Variables	F Calculada		F Calculada		F Calculada	
Evaluadas	TPG	Pro. F	TPCH	Pro. F	Int TPG x TPCH	Pro. F
PPL	9.62**	0.0040	26.06**	0.0001	5.05**	0.0004
PES	30.68**	0.0001	14.02**	0.0001	3.4**	0.0062
P100	7.46*	0.0102	8.64**	0.0001	3.24**	0.0081
RTO. t ha	33.47**	0.0001	17.89**	0.0001	2.75*	0.0197
**=Altamente significativo P < 0.01			*= Significativo P < 0.05			
PPL= Peso de planta		PES=Peso de espiga		P100=Peso de 100 semillas		
TPCH= Tipo de parcela chica, aplicación de cachaza con fertilizante químico						
TPG = Parcela grande aplicación de FeSO ₄				Pro. F= Probabilidad de F		

Sin duda esto muestra que la aplicación de composta de cachaza como materia orgánica en suelos calcáreos juega un papel de suma importancia por su alto contenido de micronutrientes y, en este caso la cachaza ha demostrado que induce cambios bioquímicos a nivel rizósfera, afectando considerablemente la solubilidad y la disponibilidad de nutrientes minerales (Martínez-Alcalá *et al.*, 2009); estos resultados concuerdan con los encontrados por Arreola-Enríquez *et al.* (2003) en un trabajo realizado con caña de azúcar y cachaza, indicando que es posible incrementar el rendimiento

de caña de azúcar y simultáneamente evitar la contaminación ambiental provocada por los fertilizantes químicos y por la cachaza arrojada a los cuerpos de agua.

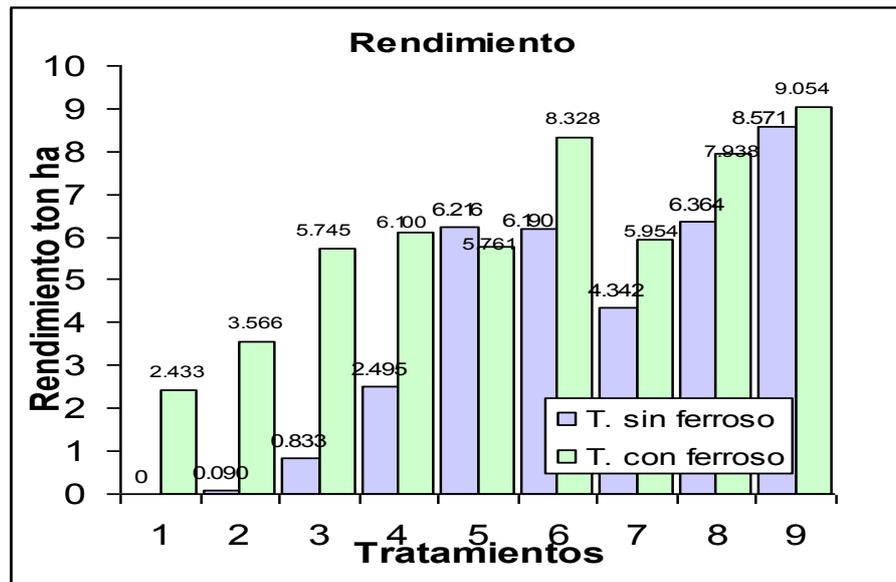


Figura 1. Rendimiento de grano, t ha⁻¹ en Agua Dulce, Tilapa.

Cuadro 2. Comparación de medias de variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano en San Juan Raboso, Izúcar de Matamoros.

Concepto	Variables evaluadas			
	PPL	PES	P100	RTO. t ha
Valor F	5.59	7.94	5.18	17.49
Pro. F	0.0005	0.0001	0.0008	0.0001
CV	22.96	21.38	7.4600	15.18
Tratamientos	Prueba de media de Tukey			
1	1.48 c	0.45 d	2.27 d	2,375.0 e
2	2.05 c	0.56 cd	2.31 dc	3,187.5 de
3	1.95 c	0.63 cd	2.40 bcd	3,598.2 de
4	2.23 abc	0.75 bcd	2.74 abc	4,339.3 cd
5	2.51 abc	0.89 abc	2.64 abcd	5,410.7 abc
6	2.61 abc	0.90 abc	2.69 abcd	6,125.0 ab
7	2.13 bc	0.77 bcd	2.64 abcd	4,839.3 bcd
8	3.39 ab	1.05 ab	2.80 ab	6,383.9 ab
9	3.49 a	1.22 a	2.90 a	6,696.4 a
Dsm	1.34	0.41	0.46	1,741.70

** =Altamente significativo $P < 0.01$ CV=Coefficiente de variación

PPL= Peso de planta

PES= Peso de espiga

P100= Peso de 100 semillas

RTO. t ha= Rendimiento ton ha⁻¹

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

En el cuadro 2 se presentan los resultados del experimento de la comunidad de San Juan Raboso, en donde se observa una diferencia altamente significativa ($p < 0.01$) entre tratamientos para las variables peso de planta, peso de espiga, peso de 100 semillas y rendimiento de grano; en la prueba de medias se destacan los tratamientos que corresponden a 5-50, 5-100, 10-50 y 10-100 con mayor rendimiento, confirmando que la clorosis férrica es uno de los factores que afecta directamente el rendimiento del cultivo (Hansen *et al.*, 2003; Kiaw *et al.*, 2008). Por otro lado en los tratamientos que no contienen composta (0-0, 0-50, 0-100) el de menor rendimiento es el que no contiene químico (0-0); lo mismo

sucede con los tratamientos con 5 y 10 t ha⁻¹ pero que no contienen fertilizante químico, el rendimiento comparados con el resto de los tratamientos.

Conclusiones

La composta de cachaza en suelos calcáreos reduce la clorosis férrica y si la deficiencia es muy severa, se hace necesaria la aplicación de sulfato ferroso vía foliar corrigiendo la deficiencia de hierro, disminuyendo la sintomatología de la clorosis, hasta en un 90%. La aplicación de 10 t ha⁻¹ de composta de cachaza en suelos calcáreos suministra el Fe requerido por el cultivo de sorgo (*Sorghum bicolor* L) e incrementa el rendimiento de grano alcanzando hasta 8 t ha⁻¹, lo que representa un 35% más del promedio regional. El fertilizante químico no tiene ningún efecto en suelos calcáreos, si no se corrige la deficiencia férrica y si el terreno de cultivo no contiene suficiente materia orgánica.

Literatura citada

- Álvarez A., F., S. García M. y J. J. Lucena. 2005. Evaluation of synthetyc Iron (III)-chelates (EDDHA/Fe³⁺, EDDHMA/Fe³⁺ and the novel EDDHSA/Fe³⁺) to correct iron chlorosis. *Europ. J. Agronomy* 22:119–130.
- Arreola-Enriquez, J., D.J. Palma-López, S. Salgado-García, W. Camacho-Chiu, J.J. Obrador-Olán, J.F. Juárez-López, y L. Pastrana-Aponte. 2004. Evaluación de abono órgano-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar. *Terra Latinoamericana* 22(3), 351-357.
- Castellanos, Z. J., J. X. Uvalle B. y A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª Edición. Colección INCAPA, 226 p.
- De Santiago, A. y A. Delgado. 2007. Effects of humic substances on iron nutrition of lupin. *Biol. Fertil. Soils* 43:829-836.
- Fernández, V. y G. Ebert. 2005. Foliar iron fertilization: A critical review. *J. of Plant Nutrition* 28:2113-2124.
- Fuentes Y., J.L. 2002 Manual práctico sobre utilización de suelo y fertilizantes, 1ª Edición (2ª Reimpresión) Ediciones Mundi-Prensa, España, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, 159 p.
- Hansen, N. C., M. A. Schmitt, J. E. Anderson and J. S. Strock. 2003. Iron deficiency of soybean in the upper Midwest and associated soil properties. *Agronomy Journal* 95:1595-1601.
- Herencia, J. F., J. C. Ruiz, E. Morillo, S. Melero, J. Villaverde y C. Maqueda. 2008. The effect of organic and mineral fertilization on micronutrient availability in soil. *Soil Science* 173(1),69-80.
- INEGI, 2010. Anuario Estadístico de Puebla 2010, Instituto Nacional de Geografía e Informática. 937 p.
- Kyaw L., R., B. Ferguson, V.I. Adamchuk, D.B. Marx, D.D. Tarkalson, D.L. McCallister. 2008. Delineating site-specific management zones for pH-induced iron chlorosis. *Precision Agric.* 9:71-84.
- Martínez-Alcalá, I., R. Clemente, y M.P. Bernal. 2009. Metal availability and chemical properties in the rhizosphere of *Lupinus albus* L. growing in high-metal calcareous soils. *Water Air Soil Pollut.* 201:283-293.
- Ortega-Blu, R. y M. Molina-Roco. 2007. Comparison between sulphates and chelated compounds as sources of zinc and iron in calcareous soils. *Agrociencia* 41:491-502.
- Pastrana, O. M. 2007. Monografía del Sorgo, Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla.
- Razeto, B. y J. Palacios. 2005. Efecto de la clorosis férrica en el tamaño y la concentración de aceite en el fruto del palto (*Persea americana* Mill.). *Agricultura Técnica (Chile)* 65(1),105-111.
- SAS. 2004. SAS versión 9.0 2004. SAS Institute Inc., Cary NC., USA.
- Segura M., C. Ramírez, C. Chinchilla C y R. Torres. 2000. Uso de dos bioensayos para estimar el efecto residual en el valor nutricional de un compost hecho de la fibra de racimos vacíos de la palma aceitera (*Elaeis guineensis*, Jacq). *ASD Oil Palm Papers*, No. 22:12-16.
- Sierra B., C., A. Lancelloti M., I. Vidal P. 2007. Azufre elemental como corrector del pH y la fertilidad de algunos suelos de la III y IV región de Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research* 67(2), 173-181.
- Sikora, L. J. and N. K. Enkiri. 2000. Efficiency of compost-fertilizer blends compared with fertilizer alone. *Soil Science* 165(5),444-451.
- Velarde, S. E., M. E. de León O., I. A. Cuellar A. y R. Villegas D. 2004. Producción y aplicación de compost, 1ra. Edición, Instituto Nacional de la Caña de Azúcar. MINREX, La Habana, Cuba.

EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN TOMILLO (*Thymus vulgaris* L.) EN DOS SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN

Juárez-Rosete Cecilia Rocío¹, Rodríguez-Mendoza María de las Nieves², Aguilar-Castillo Juan Apolinar¹, Trejo-Téllez Libia Iris², Espinosa-Victoria David², Sánchez-Escudero Julio³

¹Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit, 63780. Km. 9.5 Carretera Tepic-Compostela. Xalisco, Nayarit. (cecirjr@colpos.mx). ²Edafología, ³Agroecología. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, 56230. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Estado de México.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la acumulación de biomasa aérea y la extracción nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B en plantas de tomillo (*Thymus vulgaris* L.) bajo fertilización orgánica e inorgánica en función de los días a cosecha. El experimento se estableció en invernadero en el ciclo primavera-verano de 2007, utilizando una variedad comercial de tomillo. El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cinco repeticiones, con un arreglo factorial 3². Los días a cosecha fueron 60, 90 y 120. La fertilización orgánica consistió en aplicaciones de ácidos húmicos en el riego agregando un fertilizante líquido combinado con aminoácidos biosintéticos; para la inorgánica se utilizó la solución Steiner al 75% de concentración. Se evaluó la altura de planta, biomasa fresca y seca de la planta y diámetro de tallo principal. Los resultados mostraron que la fertilización inorgánica incrementó en 36.86% la altura de planta (AP), en 72.19% la biomasa fresca de la parte aérea (BFPA), en 59.27% la biomasa fresca de la raíz (BFR) y en un 12.15% el diámetro de tallo (DT), la biomasa seca de la parte aérea (BSPA) y raíz (BSR) en 69.85 y 68.15%, respectivamente. Los días a la cosecha (DC) influyeron positivamente ($p \leq 0.05$) en la AP y el DT a los 90 DC y en los demás caracteres morfológicos evaluados a los 120 DC. En general, la fertilización inorgánica fue superior a los tratamientos orgánicos.

Palabras clave: Plantas aromáticas, fertilización, rendimiento

Abstract

The goal of this work was to determine the biomass accumulation and nutrient extraction of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn and B in thyme plants under organic and inorganic fertilization in function of harvest days. An experiment was established in the spring-summer season 2007, with a commercial variety of thyme. A randomized complete block design with five replications was used and factorial arrangement 3². There were three harvests at 60, 90 and 120 days after transplantation. Organic fertilization was humic acid applications in irrigation and adding a liquid fertilizer in combination with biosynthetic amino acids, the Steiner solution was used at 75 % concentration as inorganic treatment. Plant height, fresh and dry biomass of the plant, and main stem diameter were recorded. The results showed that inorganic fertilization increase 36.8 % the height plant (HP), in 72.19 % the fresh biomass of shoots (FBS), in 59.27 % the fresh biomass of roots (FBR) and 12.15 % the stem diameter (SD); the dry biomass of shoot (DBS) and dry biomass of root (DBR) in 69.85% y 68.15% respectively. The harvest days (HD) have a positive influence ($p \leq 0.05$) in HP and SD at 90 HD, others morphological characters evaluated at 120 HD. In general, the inorganic fertilizer was higher than organic treatments.

Key Words: aromatic plants, fertilization, yield

Introducción

Las plantas aromáticas y medicinales (PAMs) constituyen un amplio campo de aplicación en la industria alimentaria (40%), farmacéutica (30%) y perfumero-cosmética (30%) (Masarovičová, E. y K. Král'ová, 2007). Actualmente, su demanda ha aumentado debido a las propiedades de sus principios activos y también porque proporcionan beneficios medioambientales, socioculturales y económicos (Sangwan *et al.*, 200; Masarovičová, E. y K. Král'ová, 2007). En México, la producción de PAMs se considera como un cultivo alternativo o no tradicional de creciente mercado y alta rentabilidad para productores y transformadores. El tomillo (*Thymus vulgaris* L.) pertenece a la familia *Lamiaceae*, y es un arbusto enano perenne (Omidbaigi y Arjmandi, 2002) cuya parte útil son

las hojas y tallos (Naghdhi *et al.*, 2004), de donde se extraen aceites esenciales, que pueden ser usados en la industria farmacéutica y tienen gran demanda en la preparación de alimentos.

La demanda nutrimental de las plantas varía con la etapa de crecimiento, los factores ambientales y los factores genéticos (Arzani *et al.*, 2007), por lo que la fertilización es un factor determinante en las características cuantitativas y cualitativas de las plantas aromáticas (Naghdhi *et al.*, 2004), entre las que destaca el rendimiento máximo a alcanzar. Por otra parte, el propósito de la fertilización es suministrar nutrimentos en la cantidad y oportunidad que la planta los demanda para su óptimo desarrollo. En estos cultivos la fertilización orgánica se ha evaluado con compostas (Scheffer *et al.*, 1993), y pollinaza, que han aumentado el crecimiento vegetal y el porcentaje de aceite esencial (Mohamed y Abdum, 2004); y en jitomate la aplicación de ácidos húmicos ha promovido el crecimiento y desarrollo de las plantas (Böhne y Hoang, 1997). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue comparar la producción de biomasa y la extracción nutrimental en función de los días a la cosecha y la fuente de fertilización del cultivo.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en un invernadero tipo túnel en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México ubicado a 19° 29' N y 98° 53' O, a una altitud de 2 250 m. Se utilizó semilla comercial de *Thymus vulgaris*. Para obtener plántulas destinadas a la fertilización orgánica se usaron recipientes de poliestireno de 200 cavidades y turba como sustrato, se sembraron dos semillas por cavidad. El riego se hizo a diario en el invernadero. A partir de la emergencia de las primeras hojas verdaderas se hicieron aplicaciones foliares con miel de abeja al 2% cada cinco días (d) hasta el trasplante. Para las plántulas destinadas a fertilización inorgánica se prepararon los almácigos utilizando como sustrato tezontle (diámetro de partícula entre 0.2 y 0.3 cm).

Una vez emergida la plántula se aplicó solución Steiner a una concentración de 25% cada cinco días hasta el trasplante (Steiner, 1984), que se realizó 30 d después de la emergencia. Las plántulas se colocaron en bolsas de polietileno negro (20 X 20 cm); para la fertilización orgánica se usó una mezcla de suelo, composta y agrolita (50:30:20) con las características físico-químicas siguientes: densidad aparente de 0.436 g.cm⁻³; 20% de materia orgánica; pH de 6.9; 0.59% de N total; 264 mg kg⁻¹ de P; 11.12 cmol₍₊₎kg⁻¹ de K; 5.08 cmol₍₊₎kg⁻¹ de Ca; 4.44 cmol₍₊₎kg⁻¹ de Mg; 2.16 cmol₍₊₎kg⁻¹ de Na. En el tratamiento con fertilización inorgánica se usó tezontle rojo con granulometría de 0.3 a 0.7 cm.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones, con arreglo factorial 3² de tratamientos; la unidad experimental fue de 16 plantas. Los factores fueron días a la cosecha (60, 90 y 120) y fuente de fertilización. La fertilización fue: Orgánica I (riego con ácidos húmicos al 1%) cada ocho días; Orgánica II (riego con un fertilizante líquido de origen orgánico al 1% cada ocho días y aspersiones foliares de aminoácidos biosintéticos cada 15 d; e Inorgánica (solución nutritiva Steiner (SS) al 75%.

En cada fecha de muestreo se evaluó la altura de planta (AP), la biomasa fresca de la parte aérea (BFPA) y radical (BFR), en cada repetición se cortaron cuatro plantas, se lavaron y se separaron en parte aérea y raíz. También se midió el diámetro del tallo principal (DT) con un vernier digital, registrándose el promedio como dato. El material se secó en un horno a 70°C, durante 72 h para obtener la biomasa seca de la parte aérea (BSPA) y de la raíz (BSR). Para la determinación de la concentración de nitrógeno total se utilizó el método Micro-Kjeldahl. Los nutrimentos P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B fueron extraídos mediante una digestión ácida (Alcántar y Sandoval, 1999). Con los resultados de concentración de nutrimentos y con el rendimiento de materia seca, se calculó la extracción de nutrimentos. Se utilizó SAS (1999), para realizar el análisis de varianza y las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

A partir del trasplante y hasta los 60 DC, las plantas desarrollaron su tallo principal y algunas ramas laterales. De los 60 a los 90 DC el tallo principal alcanzó su altura máxima (30.26 cm planta⁻¹) y diámetro de tallo (6.616 mm); las demás variables también aumentaron sus dimensiones y por lo tanto incrementó el peso de biomasa fresca y seca. A partir de esta etapa y hasta los 120 DC, las plantas desarrollaron un mayor número de ramas laterales y de raíces, que hicieron que la BFPA y la BSPA incrementaran significativamente (Cuadro 1). Con respecto a las variables evaluadas en raíz, Mengel y Kirby (1987) señalan que las raíces proliferan mejor en suelos secos y drenados que en suelos húmedos, debido al mayor espacio poroso; en este trabajo la longitud de raíz fue favorecida bajo

condiciones inorgánicas en comparación a los tratamientos orgánicos, posiblemente por el sustrato y la frecuencia del riego.

Cuadro 1. Valores medios de las variables evaluadas en plantas de tomillo (*Thymus vulgaris* L.).

Fuente de variación	AP ^P (cm)	BFPA ^Q g planta ⁻¹	BFR ^{††} g planta ⁻¹	DT ^{¶¶} (mm)	BSPA ^{§§} g planta ⁻¹	BSR ^{PP} g planta ⁻¹
Días a la cosecha						
60	19.24 c	24.83 c	17.38 c	4.91 b	4.77 c	3.08 c
90	30.22 a	58.51 b	39.96 b	6.61 a	12.26 b	9.63 b
120	26.94 b	83.75 a	77.18 a	5.74 a	22.79 a	23.00 a
Fuente de fertilización						
Orgánica 1	21.96 b	25.88 b	24.82 b	5.30 b	6.54 b	4.70 b
Orgánica 2	20.68 b	33.84 b	35.56 b	5.41 ab	8.44 b	9.20 b
Inorgánica	33.77 a	107.38 a	74.14 a	6.09 a	24.84 a	21.82 a
DSH [§]	1.66	8.64	11.68	0.72	3.26	4.65

Medias con letras diferentes en cada columna para cada factor son diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$). §DSH: diferencia significativa honesta; P^PAP: altura de planta; Q^QBFPA: biomasa fresca de parte aérea; ††BFR: biomasa fresca de raíz; ¶¶DT: diámetro de tallo; §§BSPA: biomasa seca de parte aérea; PPBSR: biomasa seca de raíz.

La fertilización inorgánica superó a la fertilización orgánica 1 y 2 en todas las variables evaluadas, como la altura de planta que aumentó en un 36.8 %, posiblemente las características físicas del sustrato también influyeron en este resultado (Adams, 2000), debido a que el tezontle es un material altamente poroso con relación a los sustratos orgánicos utilizados, en los que se pudo presentar una menor disponibilidad de oxígeno en las raíces por la compactación del suelo y la alta capacidad de retención de humedad. Este factor pudo afectar de manera negativa la absorción por la raíz, al disminuir la biomasa acumulada en los tratamientos orgánicos. Sin embargo, para los tratamientos orgánicos 1 y 2 se observó un crecimiento homogéneo en la primera etapa, probablemente porque las plantas utilizaron las fracciones inorgánicas de los sustratos orgánicos que estuvieron disponibles para las raíces como lo señala Zaller (2007); y a la composición de los fertilizantes orgánicos que contienen además de nutrientes, otras sustancias que estimulan y regulan el crecimiento vegetal.

Al comparar la extracción nutricional de N con los rendimientos en peso de biomasa fresca de la parte aérea en este estudio se tuvo un aumento de 72.19 % con respecto a los tratamientos orgánicos, lo cual se debe a las fuentes de nitrato utilizadas en la solución nutritiva y a la disponibilidad de las mismas en las raíces de las plantas. Al respecto Baranauskiené *et al.* (2003) indican que la fertilización nitrogenada incrementó el rendimiento de biomasa fresca, cuando se duplica la dosis de aplicación y la fuente fertilizante.

Las extracciones nutricionales presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Con excepción de la extracción de Cu, en los tres tratamientos la tendencia de acumulación fue similar (Figura 1). Para el resto de los nutrientes la media obtenida en el tratamiento con fertilización inorgánica superó a las plantas cultivadas con fertilizantes orgánicos. La acumulación de macronutrientes y micronutrientes evaluados pudo deberse a la frecuencia y cantidad de solución suministrada (Udagawa, 1995).

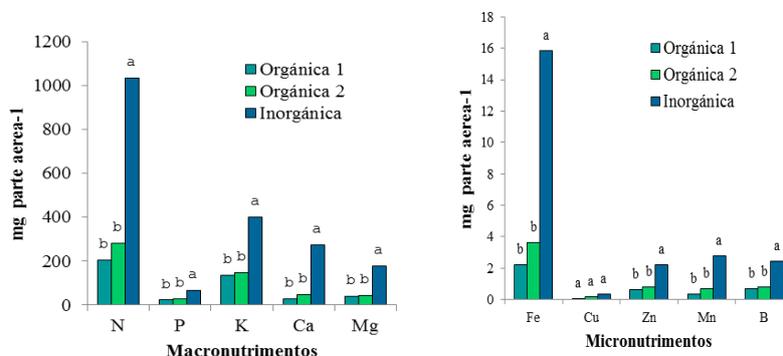


Figura 1. Extracción nutricional (mg parte aérea⁻¹) en plantas de tomillo por efecto de la nutrición. Medias con letras iguales entre columnas para cada factor no son diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$).

En lo que respecta a la edad de la planta y su efecto en el contenido nutrimental en tomillo, se tiene que a los 120 días a la cosecha, se presenta la mayor extracción de N, P, K, Ca, Mg y Fe, Zn, Mn, y B, lo que indica una elevada acumulación de fotosintatos. Esto puede explicarse por el papel que juegan estos nutrimentos en las biomoléculas del metabolismo primario (Mengel y Kirby 1987). La extracción del Cu no mostró diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$) durante todo el ciclo de cultivo (Figura 2).

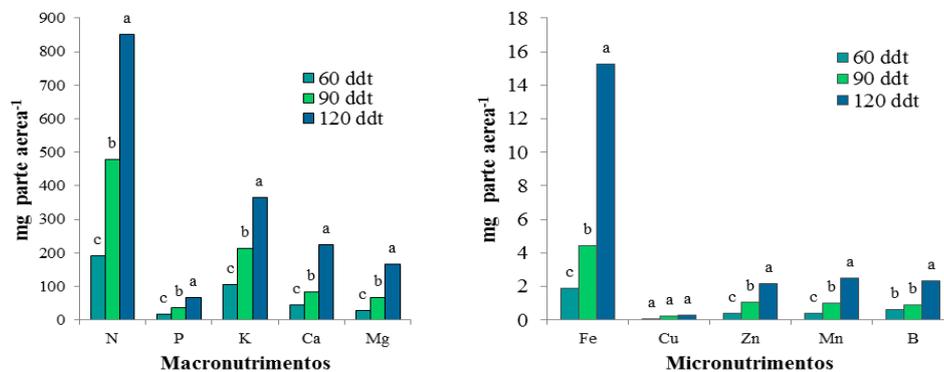


Figura 2. Extracción nutrimental (mg parte aérea⁻¹) en plantas de tomillo por efecto de la edad de la planta. Medias con letras iguales en cada subfigura, no son diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$).

Conclusiones

La fuente de fertilización modifica la producción de biomasa fresca y seca en plantas de tomillo, siendo la fertilización inorgánica la que favorece su desarrollo. En relación con la edad del cultivo a los 120 ddt la planta de tomillo presenta una mayor extracción de macronutrientes y micronutrientes, independientemente del tipo de fertilización suministrada.

Literatura Citada

- Adams, P. 2000. Aspectos de nutrición mineral en cultivos sin suelo en relación al suelo. In: Urrestarazu G. M. Manual de cultivos sin suelo. Ediciones Mundi-Prensa, Almería, España. Pp:95-104.
- Alcántar G. G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e Interpretación. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Chapingo, Mexico. 155 p.
- Arzani, A., H. Zeinadi, and K. Razmjoo. 2007. Iron and magnesium concentrations of mint accessions (*Mentha spp.*). Plant Physiol. and Biochem. 45: 323-329.
- Baranauskienė, R., P. R. Venkutonis, P. Vikellis and E. Dambrauskienė. 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). J. Agric. Food Chem. 51(26):7751-7758.
- Böhne, M., and T. L. Hoang. 1997. Influence of mineral and organic treatments in the rhizosphere on the growth of tomato plants. Acta Hort. (ISHS) 450: 161-168.
- Masarovičová, E. and K. Král'ová, 2007. Medicinal plants: past, nowadays, future. Acta Hort. (ISHS) 749: 19-27.
- Mengel, K. and E. A. Kirby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute. Bern, Switzerland. 687 p.
- Mohamed, M. and A. A. Abdum. 2004. Growth and oil production of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill): effect of irrigation and organic fertilization. Biol. Agric. Hortic. 22 (1):31-39.
- Naghdi B. H., D. Yazdani, A. S. Mohammad and F. Nazari. 2004. Effects of spacing and harvesting time on herbage yield and quality/quantity of oil in thyme, *Thymus vulgaris* L. Ind. Crops Prod. 19: 231-236.
- Omidbaigi, R. and A. Arjmandi. 2002. Effects of NP supply on growth, development, yield and active substances of garden thyme (*Thymus vulgaris* L.). Acta Hort. 576: 263-265.

- SAS Institute. 1999. Statistical Analysis System. Release 8.1. Cary NC. USA.
- Scheffer, M. C., P. Ronzelli and H. S. Koehler. 1993. Influence of organic fertilization on the biomass, yield and composition of the essential oil of *Achillea millefolium* L. Acta Hort. (ISHS) 331:109-114.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. Proceeding sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands. pp. 633-650.
- Udagawa Y. 1995. Some responses of dill (*Anethum graveolens*) and thyme (*Thymus vulgaris*) grown in hydroponic, to the concentration of nutrient solution. Acta Hort. (ISHS) 396: 203-207.
- Zaller, G. J. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: effects on germination biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Sci. Hort. 112: 191-199.

PRODUCCIÓN DE FLORES DE MANZANILLA EN FUNCIÓN DE LA FUENTE DE FERTILIZACIÓN BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Juárez-Rosete Cecilia Rocío¹, Rodríguez-Mendoza María de las Nieves², Aguilar-Castillo Juan Apolinar¹

¹Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit, 63780. Km. 9.5 Carretera Tepic-Compostela. Xalisco, Nayarit. (cecirjr@colpos.mx). ²Edafología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, 56230. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Estado de México.

Resumen

Se evaluó la influencia de la fertilización orgánica e inorgánica en manzanilla sobre variables morfológicas. El experimento se estableció en el ciclo primavera-verano 2007 en un invernadero del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, México. Se utilizó una variedad comercial de manzanilla y se evaluaron dos tratamientos de fertilización orgánica; uno consistió en proporcionar riegos con ácidos húmicos (AH) y el otro tratamiento en la aplicación de los productos comerciales Nutripro Forte® + Aminofit Xtra® (NPF + AX). En tanto que la Solución Steiner (SS) al 75% de concentración se utilizó como el testigo inorgánico. Para monitorear la producción de flores se realizaron cinco cortes cada 10 días y el rendimiento en producción de biomasa se registro a los 87, 97 y 107 ddt (días después del trasplante). El manejo de los tratamientos fue bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones y se analizó como un experimento factorial 3² en series del tiempo. Se evaluaron variables relacionadas con el rendimiento económico (peso, número y diámetro de flores), así como la altura, el peso fresco y seco de la planta. Los resultados mostraron que la fertilización inorgánica y la edad del cultivo influyeron positivamente en la producción de flores (42%), la altura de planta (20%) y la producción de biomasa (52%).

Palabras clave: *fertilización, flores, rendimiento*

Abstract

The influence of organic and inorganic fertilization on morphological variables was evaluated. The experiment was established in the spring-summer season 2007 in a greenhouse from Colegio de Postgraduados, located in Montecillo, Mexico. A commercial variety of chamomile was used. Organic and inorganic fertilization treatments were evaluated. One organic treatment consist in provide irrigation with humic acids, other in the application of commercial products from Nutripro Forte® + Aminofit Xtra®. While the Steiner solution at 75 % concentration was used as inorganic treatment. To record the biomass production, cuts were made at 87, 97 and 108 days after transplant. The management treatments were under a randomized blocks design, with five replications. The experiment was analyzed as a factorial 3² in time series. We evaluated variables associated with economic yield (weight, number and diameter of flowers), as well as height, fresh weight and dry weight of plant were evaluated. The results showed that inorganic fertilization and crop age had positively influence on production of flowers (42 %), the plant height (20 %) and biomass production (52 %).

Key Words: *yield, fertilization, flowers*

Introducción

La manzanilla es una de las más importantes plantas aromático-medicinales en el comercio mundial debido a sus múltiples aplicaciones en fármacos y en la industria cosmética (Franke y Schielcher, 2007). En México, la manzanilla se encuentra en la categoría de hierba aromática de exportación bajo producción orgánica (Bojorquez, 2006), la parte útil son las cabezas florales frescas o secas las cuales contienen diferentes clases de constituyentes activos que incluyen aceites esenciales (Sangwan *et al.*, 2001), flavonoides (Meneses-Reyes *et al.*, 2008) metabolizados en las flores y cumarinas presentes en las hojas (Kováčik *et al.*, 2006). La mayoría de los estudios sobre nutrición en plantas aromáticas y medicinales son específicos en fertilización mineral (Nikolova *et al.*, 1999), poniendo especial énfasis en minerales como el nitrógeno (Zeljzkov *et al.*, 2009), fósforo y potasio (Pavlovic *et al.*, 1992) para elevar la producción de biomasa y el contenido y composición de metabolitos secundarios de interés económico. En el caso de la manzanilla se ha comparado la influencia de la fertilización mineral y

orgánica en la producción de flores, contenido y composición de aceites esenciales, sin haber observado diferencias significativas en el rendimiento de flores, sin embargo, otros obtuvieron resultados significativos por fecha de corte (Corrêa *et al.*, 1999), similares resultados fueron obtenidos en *Coriandrum sativum* L. (Carruba y Ascolillo, 2009). Tomando como referencia los resultados de estas investigaciones, el objetivo del presente trabajo fue comparar la producción de flores y la cantidad de biomasa en función de la edad de la planta y fuente nutrimental del cultivo.

Materiales y Métodos

La investigación se desarrolló en un invernadero tipo túnel en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo ubicado en Montecillo, Estado de México (19° 29' LN y 98° 53' LO, a una altitud de 2 250, en donde la temperatura máxima registrada durante el periodo de cultivo fue de 40°C y la temperatura mínima fue de 10°C. La manzanilla fue sembrada en recipientes de poliestireno de 200 cavidades y se mantuvo en condiciones de invernadero. El trasplante se realizó 30 días después de la emergencia en bolsas de polietileno negro de 20 X 20 cm; para la fertilización orgánica el sustrato utilizado fue una mezcla de suelo, composta y agrolita en relación 50:30:20 (v:v:v) cuyas características físico-químicas fueron las siguientes: densidad aparente Dap 0.436 g.cm³; M.O. 20%; pH 6.88; Nt: 0.59%; P: 263.64 mg kg⁻¹; K: 11.12 cmol₍₊₎kg⁻¹; Ca: 5.08 cmol₍₊₎kg⁻¹; Mg: 4.44 cmol₍₊₎kg⁻¹; Na: 2.16 cmol₍₊₎kg⁻¹. Para la fertilización inorgánica se utilizó con tezontle rojo con granulometría de 0.3 a 0.7 cm con las siguientes características físicas: Dap 0.8, Dr 2.60; capacidad de aireación de 23.3% de volumen; capacidad de retención de humedad 47.8% y espacio poroso de 70.7% volumen. En el tratamiento con fertilización inorgánica se usó tezontle rojo con granulometría de 0.3 a 0.7 cm.

Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, con arreglo factorial 3² de tratamientos; la unidad experimental fue de 16 plantas. Se evaluaron tres fuentes de fertilización: 1) Orgánica I (Nutripro Forte[®] al 1% más un riego con aspersiones foliares cada 15 días con Aminofit Xtra[®] (NPF[®] + AX[®]), 2) Orgánica II (riego con Humathed 50060[®] (AH) al 1%, y 3) Inorgánica (solución nutritiva Steiner (SS) al 75 % de concentración. Se cortaron flores a los 67, 77, 87, 97 y 107 días después del trasplante. Las variables evaluadas en cada tratamiento y sus repeticiones fueron: rendimiento de flores (peso, número y diámetro) el cual fue registrado cada 10 días a partir de los 67 ddt, durante todo el periodo de cultivo. Las siguientes variables sólo fueron registradas en los tres últimos cortes: diámetro de tallo se midió con un vernier digital en 4 tallos registrándose el promedio como dato. El peso en fresco de la parte aérea (PFPA) y raíz (PFR) se registró al pesar cuatro plantas y su raíz por separado. El peso en seco de la parte aérea (PSPA) y de la raíz (PSR) se determinó al secar las plantas y su raíz por separado en un horno a 70°C, durante 72 h. Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza factorial en series del tiempo y las medias de tratamientos en cada fecha de corte se realizó a través de contrastes ortogonales t ($p \leq 0.05$) con el sistema de análisis estadístico SAS (1999).

Resultados y Discusión

Las plántulas emergieron los 10 días después de la siembra, presentando en el almácigo un desarrollo lento y poca altura tanto para en condiciones orgánicas como inorgánicas. Sin embargo, a los 30 días de emergencia desarrollaron yemas florales que fueron eliminadas conforme aparecían para permitir el desarrollo vegetativo de la planta, esta práctica se realizó durante 30 días a partir del trasplante, después de este periodo se permitió que las yemas crecieran y florecieran para realizar el primer corte de flores. Durante todo el ciclo de cultivo se realizaron cortes de flores cada 10 días, con la finalidad de mantener la producción de estas (rendimiento económico) y evitar la senescencia de las mismas (Doni *et al.*, 1999).

Para la variable número de flores se presentaron diferencias a partir de los 67 ddt cuando el tratamiento SS supera en 16.5% al tratamiento NPF + AX. Entre los 77 ddt y los 87 ddt el tratamiento SS aumentó un promedio de 16% y entre los 97 y 107 los tratamientos AH y NPF + AX fueron superados en un 42 % De acuerdo con Nikolova *et al.* (1999) estos resultados están en función de la concentración de iones de N, K o Ca presentes en mayor cantidad en una solución nutritiva que incrementan el rendimiento de inflorescencias por planta.

Cuadro 1. Contrastes ortogonales entre tratamientos ($Pr > |t_{\alpha; 0.05}|$) por efecto de la fuente de fertilización (FF) en las diferentes fechas de corte, para las variables: número, peso y diámetro de flores de manzanilla por tratamiento.

Días a la cosecha	Numero de flores por tratamiento	Peso de flores/ planta (g)	Diámetro de flor (mm)
67 ddt			
AH vs NPF	320.00 vs 350.40 ns	30.05 vs 33.96 ns	7.25 vs 7.27 ns
AH vs SS	320.00 vs 418.80 *	30.05 vs 47.96 *	7.25 vs 8.37 ns
NPF vs SS	350.40 vs 418.80 *	33.96 vs 47.96 *	7.27 vs 8.37 ns
77 ddt			
AH vs NPF	562.60 vs 542.00 ns	50.78 vs 53.44 ns	7.61 vs 7.95 ns
AH vs SS	562.60 vs 666.20 *	50.78 vs 64.37 *	7.61 vs 11.92 *
NPF vs SS	542.00 vs 666.20 *	53.44 vs 64.37 *	7.95 vs 11.92 *
87 ddt			
AH vs NPF	557.20 vs 615.40 *	53.36 vs 66.53 ns	8.59 vs 9.16 *
AH vs SS	557.60 vs 692.00 *	53.36 vs 89.78**	8.59 vs 11.85*
NPF vs SS	615.40 vs 692.00 *	66.53 vs 89.78 *	9.16 vs 11.85 *
97 ddt			
AH vs NPF	569.40 vs 563.80 ns	58.71 vs 63.4 ns	8.88 vs 9.66 ns
AH vs SS	569.40 vs 1011.00 **	58.71 vs 91.34 **	8.88 vs 11.67 **
NPF vs SS	563.80 vs 1011.00 **	63.4 vs 91.34 **	9.66 vs 11.67 *
107 ddt			
AH vs NPF	584.40 vs 834.00 *	49.25 vs 63.95 *	7.79 vs 7.95 ns
AH vs SS	584.00 vs 1181.20 **	49.25 vs 105.29 **	7.79 vs 11.01 **
NPF vs SS	834.00 vs 1181.20 **	63.95 vs 105.29 **	7.95 vs 11.01 **

AH: Ácidos húmicos; NPF: NPF[®] + AX[®]; SS: solución Steiner 75 %. ns: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo.

El peso está en función del número de flores por tratamiento (Cuadro 1). Al comparar los resultados de Mohammad *et al.*, (2009) a los 90 ddt (117.1 flores planta⁻¹), con los de esta investigación a los 97 ddt (44.67 flores planta⁻¹) se observa una diferencia de 62% en el número de flores cosechadas, este efecto se atribuye al origen de la semilla utilizada. Con respecto al diámetro de flores, éste fue mayor en el tratamiento inorgánico con un promedio de 11.81 mm entre los 77 y 97 ddt, estos diámetros son menores a los reportados por D'Andrea (2002) quien obtuvo flores de 13.7 a 19.9 mm. Estos resultados pueden deberse a las condiciones de temperatura, luminosidad y humedad relativa dentro del invernadero, y a que la planta estaba en su punto óptimo de producción. Las variables longitud de raíz, peso en fresco de la raíz, longitud de raíz y peso seco de la raíz, no mostraron diferencias significativas, razón por la cual no se presentan los resultados.

Cuadro 2. Contrastes ortogonales entre tratamientos ($Pr > |t_{\alpha; 0.05}|$) por efecto de la fuente de fertilización (FF) en las diferentes fechas de corte.

Días a la cosecha	Altura de planta (cm)	PFFA (g planta ⁻¹)	PSPA (g planta ⁻¹)
87 ddt			
AH vs NPF	41.96 vs 40.96 ns	72.89 vs 74.79 ns	15.27 vs 15.26 ns
AH vs SS	41.96 vs 46.86 ns	72.89 vs 123.81 **	15.27 vs 21.80 *
NPF vs SS	40.96 vs 46.86 *	74.79 vs 123.81 **	15.26 vs 21.80 *
97 ddt			
AH vs NPF	45.09 vs 44.14 ns	80.48 vs 79.62 ns	15.03 vs 15.18 ns
AH vs SS	45.09 vs 61.84 **	80.48 vs 163.51 **	15.03 vs 37.15 **
NPF vs SS	44.14 vs 61.84 **	79.62 vs 163.51**	15.18 vs 37.15 **
107 ddt			
AH vs NPF	40.96 vs 40.66 ns	71.32 vs 66.39 ns	14.86 vs 12.70 ns
AH vs SS	40.96 vs 51.66 **	71.32 vs 195.04 **	14.86 vs 30.74 **
NPF vs SS	40.66 vs 51.66 **	66.39 vs 195.04 **	12.70 vs 30.74 **

PSPA: peso seco de parte aérea; PSR: peso seco de raíz; AH: Ácidos húmicos; NPF: NPF[®] + AX[®]; SS: solución Steiner 75 %. ns: no significativo; *: significativo; **: altamente significativo.

La mayor altura de planta (61.84 cm planta⁻¹) se registró a los 97 ddt y correspondió al tratamiento inorgánico (Cuadro 2), sin embargo, esta altura es menor a la reportada por Mohammad *et al.* (2009), quienes tuvieron una altura máxima de 77.1 cm planta⁻¹ a los 90 ddt, en plantas cultivadas en campo

abierto, lo que indica que las condiciones geográficas y climáticas tienen influencia en la variación de las características morfológicas de la especie (Solouki *et al.*, 2008).

Al considerar únicamente al follaje como biomasa fresca total se tuvo diferencia altamente significativa al contrastar los tratamientos bajo fertilización orgánica con respecto a la fertilización inorgánica. El rendimiento de biomasa fresca se afectó de manera altamente significativa por la época de corte. Se presentó una tendencia de aumento, entre los 87 y los 107 ddt se tuvo un incremento promedio de 52% en el tratamiento SS. En lo que respecta al peso seco de la parte aérea, se observaron diferencias altamente significativas a partir de los 97 ddt, lo que indica mayor acumulación de materia seca en el tratamiento inorgánico, debido a un mayor suministro y disponibilidad de nutrimentos en forma asimilable.

Conclusiones

El rendimiento económico (peso de flores) número y diámetro de flores es altamente influenciado por la edad de la planta y la fuente de fertilización suministrada, así como el manejo del cultivo. La biomasa fresca y seca de la planta de manzanilla aumento 52% y 48% respectivamente en comparación a los tratamientos bajo fertilización orgánica.

Literatura Citada

- Bojorquez F. 2006. Tendencias organicas. Productores de Hortalizas. 1:82-84.
- Carruba A. and V. Ascolillo. 2009. Effects of organic and chemical N fertilization on yield and morphological features in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Acta Hort.* 826:35-42.
- Corrêa Jr. C., P.D. Castellane and J. Jorge Neto. 1999. Influence of organic and chemical fertilization on the yield flowers contents and composition of essential oil of (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert). *Acta Hort.* 502:195-201.
- D'Andrea L. 2002. Variation of morphology, yield and essential oils components in common chamomile (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) cultivars grown in Southern Italy. *J. Herbs, Spices and Medicinal Plants.* 9 (4):359-365.
- Doni F.L., J.J. Crachineski, M.V.R. Milleo and C. Corrêa Jr. 1999. Evaluation of chamomile cultivars (*Chamomilla recutita* (L.) Rauschert) in different handlings of pruning. *Acta Hort.* 502:187-190.
- Franke R. and H. Schilcher. 2007. Relevance and use of chamomile (*Matricaria recutita* L.). *Acta Hort.* 749:29-44.
- Kováčik J., M. Repčák and I. Kron. 2006. Nitrogen deficit induced changes of free amino acids in coumarin contents in the leaves of *Matricaria chamomilla*. *Acta Physiol. Plant.* 28 (2):159-164.
- Meneses-Reyes J.C., Soto-Hernández R.M., Espinosa-Solares T. y M.E. Ramírez-Guzmán. 2008. Optimización del proceso de extracción de flavonoides de flor de manzanilla (*Matricaria recutita* L.). *Agrociencia* 42:425-433.
- Mohammad R., S. Hamid, A. An, D. K. Norbert and V.D. Patrick. 2009. Effects of planting date and seedling age on agro-morphological characteristics, essential oil content and composition of german chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) grown in Belgium. *Ind. Crops Prod.* 31:145-152.
- Nikolova A., K. Kozhuharova, V.D. Zheljaskov, and L.E. Craker. 1999. Mineral nutrition of chamomile (*Matricaria recutita* L.) K. *Acta Hort.* 502:203-207.
- Pavlovič A., E. Masarovičová, K. Král'ová, y J. Kubova. 2006. Response of chamomile plants (*Matricaria recutita* L.) to cadmium treatment. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 77(5):763-771.
- Sangwan N. S., A. H. A. Faraoui, F. Shabin and R. S. Sangwan. 2001. Regulation of essential oil production in plants. *Plant Grow. Regul.* 34:3-21.
- SAS Institute. 1999. Statistical analysis system. Release 8.1. Cary NC. USA.
- Steiner A. A. 1984. The universal nutrient solution. Proceeding sixth International Congress on Soilless Culture. Wageningen. The Netherlands. pp: 633-650.
- Solouki M., Mehdikhani H., Zeinali H. and Emamjomeni. 2008. Study of genetic diversity in chamomile (*Matricaria chamomilla*) based on morphological traits and molecular markers. *Sci. Hort.* 117:281-287.
- Zheljaskov V. D., V. Cerven, C. L. Cantrell, W. M. Ebelhar and T. Horgan. 2009. Effect of nitrogen, location and harvesting stage on peppermint productivity, oil content, and oil composition. *Hort. Sci.* 44(5):1267-1270.

EFFECTO DE LA BIOFERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE TRIGO EN NUEVO LEÓN, MÉXICO.

Peña del Río, Ma. de los Angeles¹, Aguirre Medina, Juan Francisco², de la Fuente Saucedo Humberto², de la Torre Torres, Israel¹, Sánchez Sánchez, Alvaro Antonio¹,

¹INIFAP Centro de Investigación Noreste Campo Experimental General Terán. ²INIFAP Centro de Investigación Sureste Campo Experimental Rosario Izapa..

E-mail: pena.angeles@inifap.gob.mx.

Resumen

Hoy en día en México existen más de 12 millones de hectáreas dedicadas a la agricultura de las que más de 600 mil hectáreas son destinadas al cultivo de trigo, de éstas, 24 mil son sembradas en el estado de Nuevo León. 65% de las últimas se siembra bajo condiciones de temporal y generalmente no se aplican fertilizantes químicos, ya que éstos representan un gasto fuerte para el agricultor. Una de las alternativas tecnológicas es el uso de biofertilizantes a base de Micorrizas, los cuales pueden reducir considerablemente el uso de fertilizantes químicos sin afectar la producción de dichos cultivos, bajar la contaminación de mantos freáticos y ayudar a la captación de elementos poco accesibles como el fósforo y solubilizarlos para beneficio de la planta. El objetivo del presente trabajo fue evaluar distintas cepas de micorrizas vesículo-arbusculares (MVA), bacterianos y sus efectos benéficos para el cultivo de trigo. Para el ciclo 2009-2010 la Micorriza Inifap obtuvo rendimientos similares a los de la fertilización química; en el periodo 2010-2011 la Cepa-20 *Glomus mosseae* tuvo rendimientos superiores a cuatro t ha⁻¹, de manera que el uso de biofertilizantes contribuye a mejorar la eficiencia en la absorción de nutrientes, y mejorar el rendimiento en la producción de grano de trigo.

Palabras clave: Biofertilizantes, micorriza y rendimiento.

Abstract

Nowadays in Mexico 12 million hectares are dedicated to the agriculture of which more than 600 thousand hectares are destined to wheat cultures and more of 24 thousand are seeded in the state of Nuevo Leon. The 65% are seeded under rainfed conditions and without the use of chemical fertilizers because they represent a strong cost for the agriculturist. One of the technological alternatives is the use of biofertilizans like mycorrhizas, which can considerably reduce the chemical fertilizer use without affecting the production of these crops, low the contamination of phreatic mantles, and help to pick up elements little accessible as the Phosphorus and solubilized them for benefit of the plant. The goal of this project was the evaluation of different vesicular-arbuscular mycorrhizas (VAM) and their benefical efectos on crops of wheat. In the cicle 2009-2010 the mycorrhiza Inifap had similar yields to those of chemical fertilization and Strain-20 *Glomus mosseae* in the period of 2010-2011 with yields superiors to 4 t/h, so, the use of biofertilizans contributed to improve the efficiency in the absorption of nutrients, and to improve the yield in the wheat grain production.

Key Words: Biofertilization, mycorrhiza and yield.

Introducción

El cultivo de trigo es uno de los cultivos de invierno más importante a nivel nacional. El 65% se siembra bajo condiciones de temporal y generalmente no se aplican fertilizantes químicos, ya que éstos representan un gasto fuerte para el agricultor. Una de las alternativas tecnológicas es el uso de biofertilizantes a base de micorrizas vesículo-arbusculares (MVA), los cuales pueden reducir considerablemente el uso de fertilizantes químicos sin afectar la producción de dichos cultivos, bajar la contaminación de mantos freáticos, y ayudar a la captación de elementos poco accesibles como el fósforo y solubilizarlos para beneficio de la planta.

El INIFAP ha constatado la posibilidad de obtener rendimientos iguales o superiores a los alcanzados con fertilización química, el sinergismo en la productividad de algunos cultivos empleando biofertilizantes duales como *Azospirillum* y micorriza, y el efecto potenciado en su productividad. Además, se ha demostrado que el uso de MVA infiere a la plantas una mayor resistencia a sequías prolongadas (Aguirre, 2004).

El uso de biofertilizantes incorporados como tratamientos de semilla es una práctica que ha incrementado su difusión en diferentes cultivos así como en gran cantidad de agricultores del país, esto es debido a que se han obtenido buenos resultados en varios experimentos utilizando cereales, tal como lo demostraron Amado *et al* (2010) quienes reportan en avena rendimientos de más de 63% en comparación con el testigo absoluto, utilizando micorriza Inifap.

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Vázquez *et al.* (2010) demostraron que el uso de diversas cepas de MVA incrementa la producción de grano en el cultivo de trigo; mencionan además que mediante el uso de la micorriza Inifap se pueden obtener buenos rendimientos, que incluso superan a los obtenidos mediante el uso de fertilizantes químicos. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de las MVA y bioinoculantes a base de bacterias para determinar qué biofertilizantes promueven un mayor rendimiento del cultivo de trigo.

Materiales y Métodos

Se llevaron a cabo dos experimentos de Trigo var. Crosta durante los periodos 2009-2010 y 2010-2011 en las instalaciones del Campo Experimental General Terán el cual se encuentra ubicado en la carretera Montemorelos-China km 31 en General Terán, N.L. El área de estudio se ubica en las coordenadas geográficas: 25°18'09.9" latitud norte y 099°35'37.4" longitud oeste.

En el primer ciclo el experimento se estableció el 19 de noviembre de 2009. La semilla de trigo fue inoculada con cepas de los géneros *Glomus*, *Gigaspora* y *Sclerocystis* a una concentración de más de 40 esporas g⁻¹ de suelo. Para el tratamiento a base de bacterias se utilizó una concentración de 1X10⁸ UFC g⁻¹. El tipo de siembra y fertilización fueron al voleo. Para los tratamientos a base de MVA se utilizaron 500 g de biofertilizantes ha⁻¹ en tanto que para el tratamiento a base de Bacteriano 2709 se utilizaron 250 g ha⁻¹.

En el segundo ciclo el experimento se estableció el 2 de diciembre del 2010. La semilla de trigo fue inoculada con cepas de los géneros *Glomus*, *Gigaspora* y *Sclerocystis* a una concentración de más de 40 esporas g⁻¹ de suelo. Para el tratamiento a base de bacterias se utilizó una concentración de 1X10⁸ UFC g⁻¹. Para los tratamientos a base de MVA se utilizaron 500 g de biofertilizantes en tanto que para el tratamiento a base de Bacteriano 2709 se utilizaron 250 g ha⁻¹. Para este experimento se utilizó una sembradora con una separación de 20 cm entre surcos. Los tratamientos utilizados fueron los mismos del ciclo anterior, sin embargo, se agregó un tratamiento a base de bacterias además de multicepas de MVA y combinaciones entre éstas. Los tratamientos utilizados en ambos años se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados durante los ciclos 2009-2010 y 2010-2011 en trigo var. crosta. INIFAP. General Terán.

Tratamiento	Año 2009-2010	Año 2010-2011
Testigo absoluto	+	+
Fertilizado	+	+
Cepa-3 (<i>Glomus mosseae</i>)	+	+
Cepa-20 (<i>Gigaspora albida</i>)	+	+
Cepa-32 (<i>Glomus mosseae</i>)	+	+
Cepa-35 (<i>Glomus mosseae</i>)	+	+
Cepa-39 (<i>Glomus mosseae</i>)	+	+
Cepa-55 (<i>Gigaspora albida</i>)	+	+
Micorriza Inifap	+	+
Bacteriano 2709	+	+
Bacteriano 2710	-	+
Multicepa N.L.	-	+
Multicepa Chiapas	-	+
Multicepa N.L. + Bacteriano 2710	-	+
Multicepa Chiapas + Bacteriano 2710	-	+

Para ambos experimentos las variables a medir fueron: % de infección radicular por MVA, altura de la planta, longitud de la raíz y rendimiento en t ha⁻¹, para lo anterior se muestreo 1m² por repetición.

El análisis estadístico se efectuó con el programa informático SPSS versión 18, en el cual se realizó un análisis de varianza de bloques al azar con 5 repeticiones, por medio de la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se observan los resultados de los análisis estadísticos para el ciclo 2009-2010. La mayor altura de planta la obtuvo el tratamiento fertilizado seguido por los tratamientos de MVA, en

tanto, el testigo absoluto y el Bacteriano 2709 obtuvieron los menores valores. No hubo diferencia significativa en cuanto a la longitud de raíz entre los distintos tratamientos. El mayor rendimiento fue obtenido por el testigo fertilizado con 4.18 t ha⁻¹, sin embargo, estadísticamente no presenta diferencias con los tratamientos a base de MVA, estos resultados concuerdan con los obtenidos por Aguirre (2004) quien constato que a través del uso de micorrizas se pueden obtener rendimientos iguales o superiores a la fertilización química, por otra parte, el testigo absoluto y el tratamiento de Bacteriano 2709 obtuvieron los rendimientos más bajos.

Cuadro 2. Evaluación de Biofertilizantes en Trigo var. Crosta. INIFAP, Campo Experimental General Terán. 2009-2010.

Tratamientos	Infección %	Altura planta (cm)	Longitud raíz (cm)	Rendimiento (t/ha)
Testigo	5	76.10c	11.15a	1.83b
Fertilizado	30	108.84a	11.60a	4.18a
Micorriza Inifap	75	95.40b	11.24a	3.57a
Bacteriano 2709	5	76.02c	9.47a	1.96b
Cepa 3	45	100.00b	10.41a	3.73a
Cepa 20	50	94.94b	11.58a	3.78a
Cepa 32	35	95.40b	9.56a	3.76a
Cepa 35	60	93.80b	10.68a	3.47a
Cepa 39	30	96.56b	9.32a	4.07a
Cepa 55	45	97.18b	10.99a	3.37a
E.E.		1.18	0.72	0.22

En el Cuadro 3 se observan los resultados de los análisis estadísticos para el ciclo 2010-2011. La mayor altura de planta la obtuvieron los tratamientos: fertilizado y cepa-3 con 92.22 y 88.85cm respectivamente, la menor altura la obtuvo la multicepa Chiapas combinada con Bacteriano 2709. El tratamiento fertilizado obtuvo la mayor longitud de raíz (15.27 cm), sin embargo, el mejor rendimiento fue obtenido por la cepa-20 (4.2 t/ha) seguido de la multicepa Chiapas (4.08 t/ha), en tanto que el testigo absoluto presentó el menor rendimiento (2.65 t/ha); los resultados en cuanto a rendimiento son similares a los del ciclo 2009-2010 confirmando lo expuesto por Aguirre (2004).

Cuadro 3. Evaluación de Biofertilizantes en Trigo var. Crosta en el Campo Experimental General Terán (CEGET) 2010-2011.

Tratamiento	% de Infección	Altura de la Planta (cm)	Longitud de Raíz (cm)	Rendimiento (t/ha)
Fertilizado	5	92.22a	15.27a	3.037cd
Micorriza Inifap	40	84.19bc	10.64e	3.137cd

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Testigo	30	82.96bc	14.44ab	2.650d
Cepa-3	30	88.85a	13.02abcde	3.912abc
Cepa-20	20	84.33bc	11.77cde	4.200a
Cepa-32	25	84.28bc	10.88de	3.375abcd
Cepa-35	30	80.78c	11.64cde	3.200bcd
Cepa-39	30	85.93abc	11.76cde	3.350abcd
Cepa-55	20	85.88abc	11.10cde	3.53abcd
Multicepa N.L.	50	85.92abc	12.04bcde	3.35abcd
Multicepa Chiapas	50	86.13abc	13.25abcd	4.08ab
Bacteriano 2709	0	80.29c	12.67bcde	3.35abcd
Bacteriano 2710	20	81.64c	13.40abc	3.33abcd
Multicepa N.L. + Bacteriano 2710	60	82.88bc	11.42cde	3.00d
Multicepa Chiapas + Bacteriano 2710	25	81.68c	12.80abcde	3.11cd
E.E.		1.45	0.51	0.17

De acuerdo a los resultados obtenidos se comprueba que el uso de ciertas cepas de MVA y de micorriza Inifap incorporados a la semilla potencia el rendimiento de los cultivos, en este caso de trigo, a nivel de campo, tal como ha sucedido en diferentes gramíneas según Amado *et al.* (2010) y en cultivos de trigo de acuerdo a Vázquez *et al.* (2010). Los experimentos establecidos a pesar de ser de tipo de humedad temporal mostraron buenos resultados, sobre todo en los tratamientos donde se utilizó MVA, esto debido a que estos biofertilizantes permiten a las plantas tolerar un mayor estrés hídrico o condiciones severas de sequía, tal como lo menciona Aguirre en 2004.

Conclusiones

El uso de Micorriza arbuscular contribuye a mejorar el rendimiento en la producción de grano.

La cepa-20 tiene gran potencial para ser utilizada como biofertilizante en cultivos de trigo ya que para el ciclo 2010-2011 obtuvo mayores rendimientos.

Mediante el uso de Micorriza Arbuscular se puede reducir el uso de fertilizantes químicos y así disminuir los costos que genera el uso de estos.

En condiciones de temporal es recomendable usar cepas de Micorriza Arbuscular ya que la resistencia a la sequía que les proporcionan a las plantas hace que el cultivo de trigo no se vea mermado en su producción.

Literatura Citada

- Aguirre, M.J.F. 2004. Biofertilizantes microbianos: Antecedentes del programa y resultados de validación en México. En: Memorias del Simposio de Biofertilización. —"La Biofertilización como una Tecnología Sostenible". 25 de noviembre, INIFAP/Centro de Biotecnología Genómica. Río Bravo, Tamps., México. Pp. 71-86.
- Amado, J.P., Chávez M.G., Peña, M.A., Moreno B. y G.A. Aguado. 2010. Transferencia de Tecnología de la Micorriza Inifap Mediante el Establecimiento de Parcelas Demostrativas en Avena. Estrategias de Investigación para la Innovación Tecnológica: Principales Logros en el Norte-Centro de México, INIFAP. Libro Técnico #1. Matamoros, Coahuila, México. Pp. 93-105
- Vázquez, R.E., Peña, M.A. y J.R.Martínez. 2010. Evaluación de Biofertilizantes en Trigo (*Triticum compactum* Var Crosta) en General Terán, Nuevo León. En: Memorias del XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. 25 a 29 de Octubre, Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California, México. Pp. 258

APLICACIONES DE ESTIERCOL Y SUS VALORES DE PSI Y CE EN EL SUELO EN ALGODÓN, CON DENSIDADES DE POBLACION, EN SURCOS ULTRA ESTRECHOS Y REGADO CON CINTILLA

Manlio Enrique Ramirez Ramirez, Cirilo Vazquez Vazquez, Enrique Salazar Sosa, Ignacio Orona Castillo, Rafael Zuñiga Tarango, Jose Luis Garcia Hernandez Y Miguel Gallegos Robles.

Profesores Investigadores del Posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango: E-Mail: manliorr@hotmail.com

Resumen

La disponibilidad de agua para la producción agrícola, se dificulta día a día, dado los largos periodos de sequía que se presentan en algunas regiones como la comarca lagunera de Coahuila y Durango, así como en otras partes de México. Por lo anterior se realizó un trabajo de investigación donde se consideró encontrar la mayor producción de algodón con características adecuadas de calidad de fibra, utilizando surcos ultra estrechos regando con cintilla y buscar darle un uso adecuado al estiércol de bovino que se produce de manera abundante en esta región, considerada como cuenca lechera, contemplando como varían los valores de PSI y CE en el suelo de acuerdo con las dosis de estiércol utilizadas. Se estudió la variedad DP 449 BG/RR tolerante al herbicida FAENA y resistente a algunos insectos Lepidópteros como el gusano rosado (*Pectinophora gossypiella* Saunders) y el gusano bellotero (*Heliothis virescens* y *Heliothis zea*), utilizándose 2 densidades de población que fueron 120 000 plantas ha⁻¹ y 240 000 plantas ha⁻¹ y dosis de estiércol solarizado de 40, 80, y 120 t ha⁻¹, considerándose también 0 t ha⁻¹ y la formula química 120-60-00. Después de realizar el análisis estadístico se encontró que la producción más alta se logró con el tratamiento de 240 000 plantas ha⁻¹ y utilizando 80 t de estiércol ha⁻¹, con una producción de algodón en hueso para el ciclo 2008 de 17.696 t ha⁻¹ y para el mismo tratamiento en el ciclo 2009 fue de 15.399 t ha⁻¹.

Palabras clave: *Eficiencia de agua, densidades de población, surcos ultra estrechos, riego por cintilla y estiércol.*

Abstract

At present the water availability for the agricultural production, becomes difficult day to day, due to long periods of drought that appear in some regions as the Comarca Lagunera region of Coahuila and Durango, as well as in other parts of Mexico. A work of investigation was realized to find the greater production of cotton with suitable characteristics of quality of fiber, using narrow furrows extreme watering with drip irrigation system and to look for to give a good use of bovine manure that takes place of abundant in this region, considered like milk river basin. Also considering how they vary the values of PSI and CE in the soil under the manuredose used. The variety DP 449 BG/RR was saved to weed killer resistant herbicide and to some Lepidópteros insects like the pink worm and the worm seller of acorns. Tow densities of plant population were used; 120 000 and 240 000 plants ha⁻¹ with four of cow manure 40, 80, and 120 t ha⁻¹ with a control and one additional chemical fertilizer dose of 120-60-00 kg ha⁻¹ of Nitrogen, Phosphorus and Potassium, respectively. After realizing the statistic analysis the highs production was the treatment of 240 000 plants ha⁻¹ with 80 ton ha⁻¹ of cow manure applied, with a production of 17.696 t ha⁻¹ (2008) and 15.399 t ha⁻¹ (2009) of cotton.

Key Words: *water efficiency, densities of population, narrow furrows extreme, drip irrigation system and cow manure.*

Introducción

El algodón es un cultivo de importancia mundial en donde se puede mencionar que los países más productores son China, Estados Unidos de América, India, Pakistán, Brasil y Turquía, ya que estos países aportan el 82% de las necesidades de algodón anuales que se requieren en el mundo (Roberson, 1999). En regiones como la comarca lagunera es un cultivo de importancia desde los inicios de las actividades agropecuarias ya que se han tenido registros de siembra de hasta 120 000 ha en un solo ciclo de cultivo en la década de los setentas (SAGARPA 2004).

Una de las causas de la caída de la producción de algodón tanto en la Comarca Lagunera como en México, son los altos costos de producción, el bajo y fluctuante precio de la fibra en el mercado mundial aunado a que este cultivo requiere de altos volúmenes de agua, misma que en algunas regiones del país es muy escasa (Palomo et al., 2001).

De acuerdo a la problemática regional de agua en la laguna se han realizado estudios en riego con cintilla en el cultivo de algodón (Gaytán et al., 2000 y 2001), (Palomo et al., 2001 y 2005), sandía, chile jalapeño, pimienta morrón, tomate, cebolla, ajo, brócoli, coliflor y melón (Berzoza et al., 2002) e incluso alfalfa (Rivera et al., 2001) estos trabajos han demostrado diferencias significativas en sus resultados en relación con el sistema de riego tradicional.

El objetivo del trabajo es encontrar la mejor densidad de población y el mejor nivel de fertilización orgánica, con respecto al rendimiento y la calidad del algodón en riego por cintilla utilizando surcos ultra estrechos, considerando los valores de PSI y CE en el suelo.

Materiales y métodos.

El presente trabajo de investigación se realizó en dos ciclos, en los años 2008 y 2009 y se llevaron a cabo en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Dgo. Ubicada en la Comarca Lagunera la cual se localiza en el Kilómetro 28.5 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., a una latitud Norte de 24° 28' y 104° 18' de longitud Oeste, con una altitud de 1110 msnm.

Estos experimentos se realizaron en los ciclos de primavera 2008 y 2009. Se sembró en seco para después aplicar un riego que se dio hasta que se humedeció totalmente la zona de siembra y el área entre surcos, calculándose la lámina aplicada. Esta se realizó en surco sencillo a una distancia de 20 cm. entre surcos. Se utilizó la variedad transgénica DP 449 BG/RR que es tolerante al herbicida FAENA y presenta toxicidad a algunos lepidópteros (gusano rosado y bellotero), es una planta de porte medio y de madurez intermedia a tardía. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas y 4 repeticiones. En las parcelas grandes con un ancho de 8.0 m y un largo de 5.0 m, se utilizaron las densidades de población que fueron 120 000 y 240 000 plantas ha⁻¹. En las unidades experimentales de 1.6 m de ancho y 5.0 m de largo, llamadas sub-parcelas o parcelas chicas, se aplicaron los niveles de estiércol (Se utilizó estiércol de bovino solarizado) que fueron 0, 40, 80, 120 t ha⁻¹ y la fórmula química 120-60-00 (Como fuente de Nitrógeno se aplicó Urea y de Fosforo se aplicó Map).

Se utilizó cintilla de calibre 12 000 con salidas cada 30 cm. y con una distancia entre cintilla de 80 cm. Para la población de 120 000 plantas ha⁻¹ la distancia entre plantas fue de 41.6 cm. Para la población de 240 000 plantas ha⁻¹ la distancia entre plantas fue de 20.8cm. Los tratamientos resultantes fueron 10, y que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos resultantes.

Nº	DENSIDAD DE POBLACIÓN	DOSIS	Nº	DENSIDAD DE POBLACION	DOSIS
1	120 000 plantas ha ⁻¹	y 0 t ha ⁻¹	6	240 000 plantas ha ⁻¹	y 0 t ha ⁻¹
2	120 000 "	y 40 "	7	240 000 "	y 40 "
3	120 000 "	y 80 "	8	240 000 "	y 80 "
4	120 000 "	y 120 "	9	240 000 "	y 120 "
5	120 000 "	y 120 - 60 - 00 kg ha ⁻¹	10	240 000 "	y 120 - 60 - 00 kg ha ⁻¹

Resultados y discusión.

La planta presentó una altura promedio de 83 cm (2008) y de 80 cm (2009). Se utilizó una lámina de riego total de 63 cm (2008) y 60 cm (2009). Se realizaron 2 aplicaciones del herbicida FAENA, utilizando la dosis recomendada de 2.7 lts ha⁻¹, en ambos años observando que fueron suficientes éstas aplicaciones, para controlar las malezas presentes y que eran principalmente zacates. De la siembra a la cosecha transcurrieron 162 dds (2008) y 158 dds (2009) dándose solo una pizca total a mano.

Rendimiento de Algodón en Hueso.

Al realizar el análisis estadístico, no se encontró significancia ($\alpha = 0.05$) entre las dosis de estiércol utilizadas y la fórmula química con respecto al rendimiento de algodón en hueso. En densidades de población sí se encontró significancia estadística ($\alpha = 0.05$) entre ellas, también con respecto al rendimiento de algodón en hueso. A continuación se presenta la producción de algodón en hueso ha⁻¹ para cada uno de los tratamientos en estudio. En el Cuadro 2 se presentan los datos obtenidos en las producciones para los años 2008 y 2009.

Cuadro 2. Rendimiento de Algodón en Hueso en t ha⁻¹ 2008 y 2009.

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Tratamiento	Producción		Tratamiento	Producción	
	2008	2009		2008	2009
1	8.420 b	8.230 b	6	14.101 a	12.807 a
2	8.777 b	8.829 b	7	13.831 a	13.161 a
3	9.375 b	9.419 b	8	17.696 a	15.399 a
4	8.621 b	9.258 b	9	14.913 a	13.716 a
5	9.621 b	9.265 b	10	15.119 a	14.171 a

Producciones con la misma letra son estadísticamente iguales y con letras diferentes presenta una diferencia significativa (Tukey 0.05).

Concentraciones de CE y PSI en los dos ciclos estudiados.

Cuadro 3. Promedio de CE y PSI a las profundidades de 0 – 15 y 15 – 30 cm y sus incrementos en porcentaje (%), de las dosis de estiércol y la fórmula química en los dos años estudiados (2008 y 2009).

Dosis	Prof. (cm)	CE dSm ⁻¹		%	PSI		%
		2008	2009		de incremento	2008	
0 ton ha ⁻¹	0 - 15	3.2	3.48	8.75	4.88	4.9	0.4
	15 - 30	2.34	2.36	0.85	8.45	9.06	7.21
40 "	0 - 15	4.85	5.35	10.30	2.18	2.36	8.2
	15 - 30	1.58	1.69	6.96	8.79	9.3	5.8
80 "	0 - 15	5.92	6.66	12.50	3.4	3.7	8.82
	15 - 30	2.83	3.51	24.02	8.42	8.64	2.61
120 "	0 - 15	7.35	7.91	7.61	7.45	8.11	8.85
	15 - 30	4.76	5.66	21.0	8.92	9.74	9.19
120-60-00 kg ha ⁻¹	0 - 15	4.05	4.97	22.71	5.73	6.05	5.58
	15 - 30	2.77	3.4	22.74	3.77	5.57	47.74

Para el mejor tratamiento para los 2 ciclos que fue el de 240 000 plantas ha⁻¹ y 80 ton ha⁻¹ se observa que de un ciclo a otro para la profundidad de 0 – 15 cm se incrementa en 0.74 dSm⁻¹. En ese mismo tratamiento se define que de un ciclo a otro para la profundidad de 15 – 30 cm se incrementa en 0.68 dSm⁻¹. En el caso de PSI se observa que de un ciclo a otro para la profundidad de 0 – 15 cm se incrementa en 0.30. Para la profundidad de 15 – 30 cm se incrementa en 0.22.

Estos valores deben ser considerados para hacer proyecciones y considerar cuantos años se pueden seguir haciendo aplicaciones de estiércol sin que se presenten problemas en las características químicas del suelo, considerando los límites permisibles de acuerdo con el USDA y que marcan máximos de 4 CE dSm⁻¹ en el caso de la CE y de 15 en el PSI.

Conclusiones

Aunque la variedad transgénica DP 449 BG/RR no fue una variable en estudio, por su comportamiento debería seguir observándose, ya que como se mencionó anteriormente, no se realizó ninguna aplicación de insecticida, lo que reduce significativamente los costos de cultivo.

Se recomienda seguir explorando la distancia entre surcos y las densidades de población, dado que se observa un incremento significativo en la producción de algodón en hueso.

Para rendimiento de algodón en hueso el mejor tratamiento fue la densidad de población de 240 000 plantas ha⁻¹ con una dosis de estiércol de 80 t ha⁻¹ presentándose en los dos años estudiados (2008 y 2009).

Planear un experimento donde se consideren los factores estudiados en este trabajo, adicionando el factor agua, para tratar con esto de encontrar el máximo ahorro posible de agua, pero con una producción económicamente redituable.

Analizar detalladamente los valores de CE y PSI en las diferentes dosis aplicadas, con el fin de realizar proyecciones a futuro para evitar problemas de salinidad en el suelo.

Literatura citada

Berzoza, M. 2000 Fertirrigación en hortalizas en el distrito de riego 05 de Delicias, Chihuahua. X congreso nacional de irrigación. Chihuahua, Chih.

- Gaytan, M. A., Palomo, G. A., Reta, S. D., Godoy, A. S., García, C. E. 2000. Respuesta del algodón cv. Cian Precoz al espaciamiento entre surcos y densidad de población. Fiton 2004 Buenos Aires, Arg. P: 57-67.
- Gaytan, M. A., Palomo, G. A., Godoy, A. S. 2001. Eficiencia en la producción y distribución de biomasa en variedades precoces de algodón. Fitotecnia Mexicana 24, P: 197.
- Palomo, G. A., Chávez, J. F., Godoy, A. S. 2001. Efecto de los riegos de auxilio y densidad de población en el rendimiento y calidad de la fibra de algodón. TERRA. Julio – Septiembre de 2001. Vol. 9 Núm. 3 p 265 – 271.
- Palomo, G. A., Gutiérrez, E., Rodríguez, H. S., Estrada, T. O., Pardo, C. J. 2005. Surcos ultra estrechos, variedades y su efecto en el rendimiento, producción y distribución de biomasa del algodón. Informe de investigación.
- Rivera, G. M., Orona, C., Sánchez, C. I., Macías, R. H., Martínez, S. J., Estrada, A. J. 2001. Obtención de una función de producción de agua para el cultivo de alfalfa en riego por goteo. XV Congreso Latinoamericano y IV Cubano de la ciencia del suelo. Varadero, Cuba.
- Roberson, R.G. 1999. Mayor World Cotton Producers. World agricultural production.
- SAGARPA 2004. Sector Agropecuario. Un resumen económico anual de La Comarca Lagunera. El siglo de torreón.

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE LABRANZA PRIMARIA DEL SUELO Y APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO

Ramírez Ibarra, José Apolinar¹, Figueroa Viramontes, Uriel², Núñez Hernández, Gregorio², Ochoa Martínez, Esmeralda², Fortis Hernández, Manuel¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Gómez Palacio, Dgo. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental La Laguna. Matamoros, Coah.

E- mail: jari_wam@live.com.mx

Trabajo Financiado por CONACyT 2008

Resumen

De las labores de preparación del suelo, el subsoleo y el barbecho son las que más tiempo y combustible consumen. La labranza reducida es quizá, una de las opciones más viables para mejorar la eficiencia de producción y conservar la materia orgánica del suelo mejorando sus propiedades físicas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los beneficios de la labranza reducida en la producción de maíz forrajero. El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna del INIFAP, durante el ciclo primavera-verano de 2008. Se evaluaron tratamientos de labranza y aplicación de estiércol en maíz forrajero variedad SB 302, con un diseño de parcelas divididas. En las parcelas grandes se evaluaron los tratamientos de labranza primaria: V=Arado vertical; A= Arado convencional de discos + rastra y R= Rastra convencional. En las parcelas chicas se evaluaron dos dosis de estiércol: 0 y 40 ton ha⁻¹. Las variables evaluadas fueron: a) Consumo de diesel y tiempo en la preparación del suelo, b) rendimiento de forraje y c) Contenido de nitrógeno y materia orgánica en suelo. Los resultados indicaron, que para llevar a cabo la preparación del terreno, se invirtió más tiempo y combustible con arado convencional de discos + rastra que con los otros dos tratamientos. Con la labranza reducida se puede ahorrar tiempo y combustible sin disminuir los rendimientos de materia seca. Al aplicar estiércol se aumenta el contenido de materia orgánica en el estrato 0 - 30 centímetros.

Palabras clave: *Zea mayz, labranza primaria, estiércol.*

Abstract

Of the workings of preparation of the soil, the subsoleo and the fallow land are those that more time and fuel consume. The reduced tillage is perhaps, one of the most viable options to improve the production efficiency and to conserve the organic matter of the soil being improved its physical properties. The objective of the present work was to evaluate the benefits of the reduced tillage in the corn forage production. The study was realized in the Experimental Field La Laguna of the INIFAP, during the cycle spring-summer of 2008. Treatments of farming and application of manure bovine in the corn forage production were evaluated variety SB 302, with a split-plot in a randomized block design. In the large plot the treatments of primary farming were evaluated: Vertical V=Tilled pulse vertical; Tillage pulse conventional A= conventional of discs + dray and R= Conventional Dray. In the small plot two doses of manure bovine were evaluated: 0 and 40 ton ha⁻¹. The evaluated variables were: a) Consumption of diesel engine and time in the preparation of the soil, b) corn forage yield and c) Content of nitrogen and organic matter. The results showed that to take to end the terrain preparation, it was reversed to more time and fuel with conventional disc plow + dray that with the other two treatments. With the reduced tillage it is possible to be saved time and fuel without diminishing the yields of dry matter. When applying manure bovine is increased to the content of organic matter in layer 0 – 30 centimeters.

Keywords: *Zea mayz, reduced tillage, manure bovine.*

Introducción

La producción de forrajes en La Comarca Lagunera se realiza bajo un sistema intensivo de producción y laboreo del suelo. Actualmente en la región la producción promedio de forraje de maíz por hectárea es de 51 toneladas de forraje fresco y 15 toneladas de forraje seco (Reta *et al.*, 2002). Un aspecto importante en la producción de este forraje es la labranza primaria, siendo ésta la que remueve y mulle el suelo para reducir la compactación, generalmente comprende las operaciones realizadas previas a la siembra por equipos mecánicos, encaminadas a obtener una condición de suelo que asegure una favorable germinación y desarrollo del cultivo. Las principales prácticas de labranza primaria son el

subsoleo, barbecho y rastra. La labranza de conservación en sus diferentes modalidades se ha sugerido como una alternativa viable para recuperar la fertilidad física, biológica y química de los suelos (Mora *et al.*, 2001). La labranza reducida es quizá, en el corto y mediano plazo, una de las opciones más viables para mejorar la eficiencia de producción de granos, ya que bajo este concepto se puede sembrar maíz reduciendo al mínimo el paso de maquinaria sobre el terreno, utilizando en lo posible los implementos convencionales o en su defecto implementos adaptados o especializados para cero labranza. Además del ahorro en costos de producción la importancia de este sistema es que se dejan los residuos de cosecha sobre el terreno, lo que permite mejorar las propiedades físicas y conservar la materia orgánica del suelo. Lo anterior es importante en regiones productoras de forrajes, como La Comarca Lagunera, donde se hace un uso intensivo del estiércol y la labranza reducida ayudaría a conservar la materia orgánica por más tiempo en el suelo. En este sentido, el objetivo del trabajo fue evaluar y validar los beneficios de la labranza reducida en la producción de maíz forrajero.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Matamoros, Coahuila, México, durante el ciclo primavera-verano de 2008. Se evaluaron tratamientos de labranza y aplicación de estiércol en un diseño de parcelas divididas. Las parcelas grandes fueron de 10 m de ancho por 50 m de largo, en las cuales se evaluaron los tratamientos de labranza primaria: V, A y R; donde: V= Arado vertical. El implemento utilizado consiste en una doble barra portaherramientas con siete cinceles tipo subsuelo; los cinceles están separados a 35 cm cada uno y tienen alerones para roturar el suelo de manera horizontal. El ancho total de trabajo es de 2.50 m. Además, cuenta con un rodillo desmenuzador en la parte trasera (Figura 1).



Figura 1. Arado vertical con siete cinceles y rodillos desmenuzadores

A= Arado de discos. Se utilizó un arado John Deere de cuatro discos de 75 cm de diámetro. El ancho de trabajo es de 1.05 m. La práctica del barbecho con arado de discos se evaluó en conjunto con un doble paso de rastra.

R= Rastra. Se evaluó una rastra John Deere con dos barras de 14 discos cada una, una barra de discos dentados y una de discos lisos. El ancho total de trabajo es de 3.00 m. Se dieron dos pasos de rastra como labranza primaria única.

En los tres tratamientos se utilizó un tractor John Deere, modelo 4235 de 120 caballos de fuerza. La evaluación de la preparación del suelo se realizó del 17 al 18 de abril de 2008.

Cada parcela grande se dividió en dos subparcelas de 10 m de ancho por 25 m de largo, donde se evaluaron dos dosis de estiércol: 0 y 40 ton/ha.

Después de terminar las prácticas de labranza primaria, se bordeó, luego se dio un riego de presiembra y se sembró en húmedo maíz forrajero de la variedad SB 302. La siembra se realizó el día 20 de mayo, con una sembradora de precisión, calibrada a 10 semillas por metro lineal, con una distancia entre surcos de 0.76 m de ancho. La parcela útil fue de 2 surcos centrales x 10 m de largo. Se aplicaron cuatro riegos de auxilio: a los 21, 39, 60 y 78 días después de la siembra. La fertilización se dividió en tres aplicaciones, correspondientes a los tres primeros riegos de auxilio, ya que se aplicó el fertilizante disuelto en el agua de riego. Para las parcelas que llevaron sólo fertilizante, se aplicó la fórmula 200-60-00 y para las parcelas que llevan estiércol + fertilizante, la fórmula aplicada fue 100-00-00

(Mendoza *et al.*, 2003). Las variables evaluadas fueron: a) consumo de diesel en la preparación primaria del suelo, b) tiempo de preparación del suelo, c) rendimiento de forraje tanto en verde como de materia seca y d) contenido de nitrógeno y materia orgánica en suelo. Al suelo donde se realizó el estudio se muestreó y analizó nitrógeno a profundidades de 0-30, 30-60 y 60-90 cm. Para analizar nitrógeno inorgánico, se utilizó el método de destilación con óxido de magnesio y aleación de Devardas, en un equipo Kjeltex-2300 de Foss-Tecator (Mulvaney, 1996). La materia orgánica sólo se analizó en el estrato de 0-30 cm por el método de Walkley y Black (Nelson y Sommers, 1996). Los métodos utilizados corresponden a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

Resultados y discusión

Tiempo de preparación y consumo de diesel

En el tiempo de preparación hubo diferencias altamente significativas entre los tres tratamientos de labranza (Cuadro 1), siendo mayor para arado + rastra, luego con arado vertical y menor solamente para rastrear. En gasto de diesel hubo diferencias altamente significativas, gastándose más diesel para preparar el terreno con arado + rastra, comparado con los otros dos tratamientos, mientras que entre estos últimos no hubo diferencias significativas, por lo que se comprobó que aumentan los costos de la preparación del terreno al utilizar la labranza convencional que es arado más rastra. Lo cual coincide con Berlijin (1990) y Martínez (2002) quienes mencionan que el barbecho más rastra es una práctica cuyo costo es elevado para cualquier sistema productivo, ya que requiere el uso de grandes cantidades de energía mecánica y volúmenes de combustible para su realización.

Cuadro 1. Tiempo de preparación y diesel consumido durante la preparación del terreno (INIFAP-CELALA 2008).

Labranza	Tiempo de preparación	Diesel consumido
	Hora°Min"/ha	L ⁻¹ ha ⁻¹
Arado de discos + rastra	11°24" a	182.61 a
Arado vertical	8°40" b	87.5 b
Rastra	4°07" c	26.63 b

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

Rendimiento. Existió diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) en rendimiento de forraje, tanto verde como en materia seca, por efecto de la aplicación de estiércol, resultando mayor la producción en aquellas parcelas que se fertilizaron con estiércol más fertilizante inorgánico con 59.58 y 18.49 t ha⁻¹ comparado con las que sólo recibieron fertilizante químico con 53.77 y 16.20 t ha⁻¹ de forraje verde y materia seca respectivamente. Esto puede deberse a que con la aplicación de estiércol no sólo se aportaron los nutrientes, sino que además hubo otros beneficios como: mayor aireación, mejoramiento de la textura del suelo y mayor retención de humedad; coincidiendo con López *et al.* (2004), quienes encontraron que el contenido de humedad en el suelo fue más alto en parcelas con aplicación de estiércol, comparado con aquellas en las que no se hizo.

Análisis final de suelo

Materia orgánica. Se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 2) en materia orgánica entre las parcelas a las que se les aplicó 40 ton/ha de estiércol más fertilizante inorgánico con 1.7 por ciento de materia orgánica y aquellas en las que sólo se aplicó fertilizante inorgánico con 1.1 por ciento. Lo cual coincide con Castellanos *et al.* (2000) quienes señalan que la adición de desechos orgánicos como estiércol u otros materiales producen un incremento inmediato en la materia orgánica del suelo.

Cuadro 2. Contenido de N y materia orgánica en el suelo, analizados al final del ciclo. INIFAP-CELALA 2008.

Labranza	Estiércol	N inorg. 30 cm	N inorg. 60 cm	N inorg. 90 cm	Promedio de N por labranza	Materia orgánica 30 cm
----------	-----------	----------------	----------------	----------------	----------------------------	------------------------

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

		ppm	ppm	Ppm	ppm	%
Arado +Rastra	40	20.11	8.79	29.31	19.40	1.94
	0	17.15	5.11	22.12	14.79	1.07
Arado vertical	40	18.76	6.03	17.38	14.06	1.49
	0	14.82	6.60	10.44	10.62	1.26
Rastra	40	22.19	7.10	7.88	12.39	1.58
	0	18.25	5.54	13.24	12.34	0.98
Promedio de cada tratamiento de estiércol						
	40	20.4 ns	7.3 ns	18.2 ns	15.28	1.7 a
	0	16.7 ns	5.8 ns	15.3 ns	12.59	1.1 b

Valores seguidos por distinta letra son estadísticamente diferentes, según Tukey ($\alpha = 0.05$).

Nitrógeno. De acuerdo con el análisis estadístico (Cuadro 2), el efecto de la labranza y la aplicación de estiércol no fueron significativos en la cantidad de nitrógeno residual en ninguna de las tres profundidades muestreadas.

Conclusiones

En la preparación del terreno es posible sustituir la labranza convencional por labranza reducida con la ventajas de disminuir el tiempo y gasto de diesel invertidos en dicha preparación, sin disminuir los rendimientos. Con esta sustitución es posible reducir a corto plazo los costos económicos al ahorrar diesel y a largo plazo los costos ecológicos, ya que se puede ir mejorando la condición del suelo y así, depender menos de insumos externos como combustible y fertilizantes. Se puede sustituir parcial o totalmente los fertilizantes químicos utilizados, por fertilizantes orgánicos como el estiércol, obteniendo una producción de materia seca igual o mayor. Al aplicar estiércol se aumenta el contenido de materia orgánica en el estrato 0 - 30 centímetros que es la capa arable y por lo tanto la que más interesa en el área de la agronomía, por ser donde se encuentran la mayoría de las raíces de los cultivos de interés agronómico.

Literatura citada

- Berlijin, J. D. 1990. Maquinaria para manejo de cultivos. Manuales para educación agropecuaria. Ed. SEP- México.
- Castellanos, J.Z., J. Uvalle, A. Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2da Ed. Instituto de Capacitación para la productividad Agrícola. México DF. 226p.
- López, M. J. D., Vázquez, V. C. y Salazar, S. E. 2004. Fertilización orgánica e inorgánica en maíz usando labranza de conservación. Memorias Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agronomía y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado. Gómez Palacio, Durango, México.
- Martínez, G. M. A. 2002. Alternativas de preparación del suelo para cultivos de riego en la zona media potosina. INIFAP. Campo Experimental Palma de la Cruz. S. L.P., México. Folleto técnico número 17.
- Mendoza, R. J. L. Macías, C. J. y Cortés, M. E. 2003. Tecnología para mejorar la productividad del maíz en el norte de Sinaloa y su impacto económico. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico Núm. 21. Los Mochis, Sinaloa, México. 40p.
- Mora, G.M., Ordaz, Ch. V., Castellanos, J.Z., Aguilar, S. A. †, Gavi, F. y Volke H, V. 2001. Sistemas de labranza y sus efectos en algunas propiedades físicas en un vertisol, después de cuatro años de manejo. *Terra* 19:67-74.
- Mulvaney, R.L. 1996. Nitrogen-inorganic forms. P. 1123-1184. *In*: D.L. Sparks (ed.) *Methods of soil analysis. Part 3. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, W.I.*
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic matter. *In*: Spark, D.L.; A.L. Johnston, and M.E. Sumner (Eds.). 1996. *Methods of Analysis Part. 3. Chemical Methods (SSSA, Book Series No. 5).*

Reta, S., D.G., Carrillo J.S, Gaytán M. A, Castro M. E, y Cueto W. J. A. 2002. Guía para cultivar maíz forrajero en surcos estrechos. Folleto para productores Núm. 5. SAGARPA-INIFAP-CIRNOC-CELALA. 21 p.

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE AVENA (*Avena sativa*; L) EN FUNCION DE LA APLICACIÓN DE ABONOS ORGANICOS SOLARIZADOS

Gallegos Ponce Antonio¹, Figueroa Viramontes Rafael¹, Martínez Ríos Alejandro¹, Cabral Valdez Fernando¹, Alamillo Gallegos Luis Marco Antonio²

Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia¹. E-mail: gantonio95@yahoo.com.mx. Alumno Tesista de la Carrera de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Fitotecnia de la FAZ-UJED².

Resumen

Se llevó a cabo un trabajo de investigación con el objetivo de determinar el efecto que ejerce la aplicación de dos dosis de estiércol solarizado de bovino lechero, en el crecimiento y producción de la avena forrajera. Se utilizó un diseño de bloque al azar con cuatro repeticiones, el material genético utilizado fue la variedad —Gauhtémoc” sembrada a chorrillo en dosis de 100 kg ha⁻¹. Se evaluaron dos tratamientos de estiércol de bovino lechero 40 y 60 toneladas por hectárea, considerando como testigo el tratamiento de fertilización química de 100-40-00 que consistió en la mezcla de MAP y sulfato de amonio. Se midió la altura de planta, el diámetro de tallo, el rendimiento y el porcentaje de materia seca. Se encontró que en los parámetros evaluados la diferencia estadística no fue significativa. Por lo tanto es conveniente utilizar materia orgánica en el cultivo de la avena ya que al aplicar fertilizantes químicos aumentan los costos de producción disminuyéndose al utilizar materia orgánica proveniente de las explotaciones pecuarias ya que se obtiene el mismo rendimiento que con la fertilización química.

Palabras claves: Estiércol, solarización.

Abstract

A research work was carried out with the objective of determining the effect of the application of two doses of solarized bovine manure on the growth and yield of forage oat. A randomized complete block with four replications was used as experimental design. Oat Var. —Cahutemoc” was sowed in band in a rate of 100 kg ha⁻¹. The treatments consisted of two doses of bovine manure, 40 and 60 ton ha⁻¹, using as control the chemical fertilization 100-40-00 applying MAP and ammonium phosphate. Plant height, stem diameter, yield and percentage of dry matter were measured. No statistical difference was found in any of the parameters evaluated. Therefore, it is important to use organic matter in the forage oat crop, due to when chemical fertilizers are applied, cost production is increased, diminishing when organic matter from cattle farmers is used instead due to a similar yield is obtained as compared to the chemical fertilization.

Key words: Manure, solarization.

Introducción

El cultivo de la avena se explota en la Comarca Lagunera como planta forrajera aprovechando su gran capacidad para producir biomasa en el ciclo otoño-invierno. Destaca como una fuente importante de alimento para la industria pecuaria; se destina cerca del 80% de la producción nacional para el consumo como forraje verde, forraje henificado, grano y alimentos balanceados (García, 2007). En México, para el ciclo otoño-invierno 2010-2011 se dedicó a este cultivo una superficie 114,143 ha. Sobresaliendo por la superficie establecida los estados de Durango con 17,443 ha, Coahuila 15,438 has, Sonora 10,569 ha y Chihuahua 10,036 ha. El rendimiento promedio nacional es de 23,632 kg ha⁻¹ (SIAP, 2011). En el estado de Durango para el ciclo otoño invierno del 2009 se establecieron bajo riego y temporal 16,206 ha de avena forrajera con rendimientos promedios de 23.99 ton ha⁻¹. El precio por tonelada fue \$340.84 (SIAP, 2011) En la Comarca Lagunera se establecieron en el ciclo otoño e invierno 2009-2010 15,618 ha de las cuales 1,667 se establecieron bajo temporal, 773 con riego de gravedad y 13,178 en riego de bombeo, con un rendimiento promedio de 41.6 ton ha⁻¹ con un porcentaje de participación respecto al valor de los cultivos de otoño invierno del 74.88% (SAGARPA, 2011). Para aumentar el rendimiento de este cultivo, muchos productores han recurrido a los sistemas de labranza y al uso intensivo de fuentes nitrogenadas de fertilización; sin embargo, el criterio de los agricultores al realizar la labranza y usar fertilizantes no es controlado, ya que en la mayoría de las ocasiones hacen un uso excesivo de operaciones de preparación del suelo y de aplicación de nitrógeno (Salazar *et al.*, 2003). El residuo orgánico que excretan algunos animales es conocido comúnmente como estiércol. El estiércol está compuesto generalmente por residuos de alimento no digerido, agua, organismos de diferente tipo y contenido endógeno. El estiércol en la Comarca Lagunera se obtiene principalmente en las explotaciones del ganado bovino, siguiendo en importancia el avícola, caprino y porcino bajo el sistema de producción intensiva (Perezgasga, 2008).

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Considerando que la Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante del país, con un inventario de 420,846 cabezas (SAGARPA, 2011) de las cuales producen de 34 a 57 kg de estiércol húmedo (Salazar *et al.* 2003) ó 6.0 kg diarios de estiércol base peso seco por cabeza de ganado (López *et al.* 2007). El contenido de nutrimentos en el estiércol es muy variable y comprende de la descomposición de las dietas y del manejo de los residuos en las unidades de producción. En el caso del nitrógeno, el mayor contenido se observa en estiércoles frescos y conforme transcurre el tiempo de almacenamiento, el nitrógeno se va perdiendo durante la descomposición de los residuos. Caso contrario ocurre con los micronutrientes, los cuales se concentran conforme los estiércoles pierden humedad. El contenido promedio en el estiércol solarizado es Nitrógeno 1.5%, Fósforo 0.6%, Potasio 2.5%, Calcio 3.2%, Magnesio 0.8%, Sodio 1.6%, Sales solubles 5.0%, Relación C/N 15.0%, Humedad 35.0%, Ceniza 48.6%. No todos los nutrimentos están disponibles al cultivo de forma inmediata, sino que se van liberando durante la descomposición o mineralización de la materia orgánica. De acuerdo a lo anterior, la concentración promedio de nitrógeno en estiércol bovino es de 1.42, lo que equivale a una aportación total de 14.2 Kg de N por tonelada de estiércol que se incorpora al suelo. Sin embargo, de esa aportación total solo un 25% pasa a formas inorgánicas (amonio y nitratos) disponibles al cultivo durante el ciclo. Este valor del 25% representa la tasa de mineralización de N en el estiércol y es la proporción del N total que se utiliza para estimar dosis de aplicación (Chávez *et al.*, 2003). El estiércol de bovino lechero como otros abonos orgánicos tiene que ser tratado y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación del suelo, cultivo y agua del acuífero subterráneo, las cuales requieren de un manejo adecuado para prevenir efectos adversos al ambiente. Debido a que es con mucho la fuente contaminante del medio de la industria agrícola. Si no son adecuadamente utilizados estos residuos tienen un potencial alto de contaminación tanto al suelo, aire y agua. (Fortis *et al.*, 2003). La solarización es un tratamiento para eliminar los agentes contaminantes y consiste en cubrir el estiércol con polietileno transparente con la finalidad de atrapar el calor y que este se conserve el mayor tiempo posible en el estiércol alcanzando temperaturas hasta de 65°C, es de costo relativamente bajo y eficiente en el control de patógenos (Stapleton y De Vay, 1986). En la Región los productores que disponen del estiércol lo usan indiscriminadamente ya que aplican dosis de hasta 200 toneladas por hectárea anualmente, debido a que a medida que se degrada se van liberando iones que afectan la fertilidad natural del suelo, generando salinidad y sodicidad lo que hace necesario llevar a cabo pruebas de dosificación y análisis del balance salino y de la calidad del suelo donde se aplica la materia orgánica (Vázquez *et al.*, 2007). Por lo anteriormente expuesto se planteó un proyecto de investigación donde el objetivo fue el de determinar el efecto que ejerce la aplicación de dos dosis de estiércol solarizado de bovino lechero, en el crecimiento y producción de la avena forrajera

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia dependiente de la Universidad Juárez del Estado de Durango ubicada en el Ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio Dgo. Situada en el km. 30 de la carretera Gómez Palacio – Tlahualilo, Dgo. En el paralelo 25° 46' 50" de latitud norte y el meridiano 103° 21' 02" de longitud oeste y a una altura de 1,110 msnm. En la región conocida como Comarca Lagunera. La topografía es en términos generales plana y de pendientes suaves, que varían de 0.20 a 1 metro por kilómetro, generalmente hacia el norte y noreste. Los suelos de la región, de acuerdo con su formación se pueden dividir en tres grupos. A) Suelos Aluviales recientes, de perfiles ligeros, cuyas texturas varían de migajón arenoso a arenas. En una superficie aproximada de 75,000 ha, estos suelos corresponden a las clases 1°, 2° y 3°. B) Suelos correspondientes a últimas deposiciones, arcillosos en su mayor parte y con mal drenaje. Cubren una superficie aproximada de 100,000 ha. C) Suelos de características intermedias, entre los dos citados anteriormente; es decir, que su perfil es variable, entre arcilloso, migajón arenoso; abarcan una superficie de 192,000 ha, estos suelos ocupan la parte central del área cultivada y por sus características fisicoquímicas se localizan los cultivos más importantes. Son ricos en Fosforo, Potasio, Magnesio, Calcio pero pobres en Nitrógeno. La materia orgánica se encuentra en bajas proporciones, sobre todo en los terrenos cultivados. Están considerados de 1° clase para fines de riego. El clima según la clasificación de Köeppen, modificado por la Dra. Enriqueta García, es desértico con temperaturas elevadas y lluvias de verano el cual a su vez está dividido en dos tipos BS y BW. B

Clima Seco 1.- BS Clima Seco con lluvias en verano. 1^a-BS₀ Clima Seco con lluvias en verano y escasas durante todo el año. 1^b-BS₁ Clima Semiseco con lluvias en verano y escasas durante todo el año. 2.-BW Clima muy Seco con lluvias en verano, invierno y escasas todo el año, con un promedio anual de precipitación de 230 mm y una evaporación que se da de 6 a 11 veces mayor que la precipitación que se registra año con año, una temperatura media anual de 20.7°C.

Características del lote experimental; El trabajo se efectuó en el ciclo otoño-invierno del 2009-2010 bajo riego con bombeo, estableciéndose el 16 de octubre del 2009, la cosecha se realizó a los 118 días después de la siembra (10 de febrero del 2010), la preparación del terreno se realizó bajo el sistema de una preparación convencional consistente en un barbecho, rastreo, nivelación y borde. La variedad utilizada fue la Cuauhtémoc.

Suelo. Las propiedades del suelo donde se llevó a cabo el ensayo se muestran en el cuadro 1 y 2. Los valores de la textura del suelo indican que a la profundidad de 30 cm es arcilloso, a 60 cm arcilla limosa y a 90 cm arcilloso. La capacidad de campo (CC) se encuentra dentro de los valores de 33.11 a un 43.09% para las tres profundidades que se tomaron, en cuanto al punto de marchitez permanente (PMP) varía de 17.99 a 23.41% para las tres profundidades, y en cuanto a la densidad aparente (Da) los valores varían de 1.26 a 1.28 gr cm⁻³.

Cuadro 1. Características físicas donde se llevó a cabo el experimento de Avena. C.A.E. FAZ-UJED. 2009.

Prof. (cm)	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	C.C %	PMP %	Da gr cm ⁻³
0-30	13.28	38.72	48	Arcillosa	34.15	18.55	1.269
30-60	13.28	42.72	44	Arcillo Limosa	33.11	17.99	1.285
60-90	17.28	38.72	44	Arcillosa	43.09	23.41	1.273

Cuadro 2. Características químicas donde se llevó a cabo el experimento de Avena. C.A.E. FAZ-UJED. 2009.

Prof. (cm)	pH	CE mS cm ⁻¹	MO %
0-30	7.72	1.44	0.65
30-60	7.70	1.98	0.50
60-90	7.6	1.59	0.25

El pH es de 7.60 a 7.72 lo que los clasifica como alcalino. En cuanto a la conductividad eléctrica (CE) estos varían de 1.98 a 1.44 mS cm⁻¹ lo cual indica que son aptos para el establecimiento de los cultivos, y el contenido de materia orgánica (MO) es pobre, lo cual es una característica de los suelos de la región.

Fertilización. Fue uno de los factores en estudio y consistió en la aplicación de fertilizante químico con la fórmula química recomendada por el CELALA-INIFAP, 100-40-00 a base de Fosfato Mono Amónico (MAP, 11-52-00) y Sulfato de Amonio 20.5 % de nitrógeno. Para las unidades que se fertilizaron con materia orgánica se utilizó estiércol solarizado de Bovino Lechero en cantidades de 40 y 60 ton ha⁻¹ según fuera el caso. Los niveles de estudio para este factor fueron los siguientes: A: Químico (dosis de 100-40-00), B: Estiércol solarizado 40 ton ha⁻¹, C: Estiércol solarizado 60 ton ha⁻¹.

Riegos. Para el calendario de riego se siguieron las recomendaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para la Comarca Lagunera. El cual consiste en un riego de siembra y tres auxilios. Para una lámina total de 45 a 50 cm.

Características del lote experimental. Se estableció un lote experimental de 12 unidades experimentales (3 tratamientos por 4 repeticiones). Cada tratamiento con las dimensiones de 9.2 m de largo por 7 m de ancho para tener un área por parcela de 64.4 m². Para tener 193.2 m² por repetición y una superficie total del lote experimental de 772.8 m².

Diseño experimental. Los tratamientos se distribuyeron y analizaron con base a un diseño de bloque al azar. El análisis de varianza (ANOVA) de los datos de campo se realizó utilizando el paquete estadístico SAS (SAS Institute, Inc System for Lineal Models, Third Edition, Cary, NC, USA), y cuando se presentó un valor significativo, se utilizó el método de Duncan para definir las diferencias específicas entre tratamientos.

Variables evaluadas. Las siguientes variables se obtuvieron de plantas con competencia completa del cultivo establecido en el experimento, mismas que fueron tomadas al azar: (1).- **Altura de la planta.** En la cual se revisaron 10 plantas por cada uno de los tratamientos elegidas al azar. (2).- **Diámetro del tallo.** Para este parámetro se tomó el diámetro del tallo tomando 10 plantas al azar por tratamiento elegidas al azar. (3).- **Rendimiento.** Se registró el peso de tres muestras de 1 m² por tratamiento promediándose este peso para cada uno. (4).- **Porcentaje de Materia Seca.** Expresa el contenido de MS de una muestra vegetal y se obtiene secando la muestra de un metro cuadrado en una estufa con circulación forzada de aire a 60 °C hasta peso constante, para eliminar el contenido de agua.

Resultados y Discusión

La mayor altura de planta se registró en el tratamiento de fertilización química no existiendo diferencia estadística entre tratamientos (Cuadro 3), la altura promedio de este cultivo en la región es de 1.2 a 1.5 m, por lo que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros normales que corresponden a la variedad en estudio, ya que se obtuvo una altura media de 1.28 m. La diferencia numérica que presenta este parámetro indica que la altura de planta es mayor en el tratamiento (A) Fertilizante Químico en relación al tratamiento (C) Estiércol Solarizado 60 Ton ha⁻¹ en 2.11%, mientras que en comparación con el tratamiento (B) Estiércol Solarizado 40 Ton ha⁻¹ la diferencia fue de un 2.87%. Para diámetro de tallo el valor más alto fue de 0.46 cm que corresponde al tratamiento (C) Estiércol Solarizado 60 Ton ha⁻¹, seguido del tratamiento (B) estiércol solarizado 40 Ton ha⁻¹ con un diámetro de 0.435 cm. y el tratamiento más bajo fue el (A) Fertilizante Químico con un valor de 0.4125 cm, el valor promedio del diámetro del tallo fue de 0.4358 cm. El análisis de varianza para el Rendimiento por metro cuadrado no mostro significancia estadística. Esto indica que la variedad de avena forrajera estudiada tiene un comportamiento homogéneo para la fertilización tanto Química como Orgánica. Numéricamente el valor más elevado fue para el tratamiento (A) Fertilizante Químico con un rendimiento por m² de 8.625 kg. El tratamiento que obtuvo el menor rendimiento fue el (B) Estiércol Solarizado 40 Ton ha⁻¹ con una producción de 8.350 kg m⁻², lo que significa una reducción de 0.275 kg m⁻² al comparar estos tratamientos. El valor mayor de materia seca se obtuvo en el tratamiento (A) Fertilizante Químico 93.9 %, seguidos por el tratamiento (B) Estiércol solarizado 40 Ton ha⁻¹ con 93.6 % y por último el tratamiento (C) Estiércol solarizado 60 Ton ha⁻¹ 93.4300%. El promedio de materia seca fue de 93.68%.

Cuadro 3. Comparación de medias para la altura de planta, diámetro de tallo, rendimiento y materia seca en el cultivo de avena forrajera bajo diferentes dosis de fertilización. C.A.E.-FAZ-UJED. 2009.

Tratamiento	A. P. (m)	D. T. (cm)	Rend. (kg m ⁻²)	M. S. (%)
A- Fertilizante Químico	1.3025	0.4125	8.625	93.9275
B- Estiércol solarizado 40 Ton ha ⁻¹	1.2650	0.4350	8.350	93.6895
C- Estiércol solarizado 60 Ton ha ⁻¹	1.2750	0.4600	8.375	93.4300
Significancia	NS	NS	NS	NS
C.V. (%)	7.81	10.09	17.48	0.42

Conclusiones

Es conveniente utilizar materia orgánica en el cultivo de la avena ya que al utilizar fertilizantes químicos conlleva a una alza en los costos de producción por lo cual utilizando materia orgánica proveniente de las explotaciones pecuarias permite un ahorro económico ya que se obtiene el mismo rendimiento que con la fertilización química pero a un costo menor por concepto de fertilización. El tratamiento A (Químico) fue el que sobresalió con una altura de planta de 1.30 m. Los tratamientos que reportaron alturas más bajas fueron a los que se les aplicó Estiércol Solarizado de 60 y 40 ton ha⁻¹. En el diámetro del tallo no hubo diferencia estadística. El valor promedio del diámetro del tallo fue de

0.43 cm. El rendimiento obtenido numéricamente más alto fue de 8.625 kg m⁻² por el tratamiento A (químico). En la materia seca se obtuvo el porcentaje mayor para el tratamiento químico (A) 93.92%.

Literatura Citada

- Chávez G. J. F., M. C. Medina y U. Figueroa. 2003 Fertilización del nogal. En Tecnología de la producción en Nogal Pacanero INIFAP Pág. 101-126.
- Fortis H. M., J. A. Leos y E. Salazar. 2003. Normas de Aplicación de Residuos Animales al Suelo. En: Abonos Orgánicos y Platicultura. Enrique Salazar Sosa *et al* edit. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED Gómez Palacio, Durango, México. 192-202.
- García A. A. 2007. Manual de producción y paquete tecnológico de avena (*Avena sativa*). Secretaría de Desarrollo Rural del Estado de Puebla. Derechos Reservados. cadenaproductivas@sdr.gob.mx.
- López M. J. D., E. Salazar, E. Castellanos, C. Vázquez, R. Zúñiga y J. M. Covarrubias. 2007. Producción Orgánica en Invernaderos Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, COCyTED, Gómez Palacio, Durango, México.
- Perezgasga V. F. 2008. El Impacto Ambiental de la Ganadería. Torreón, Coahuila. Memorias de la XX Semana Internacional de Agronomía. FAZ-UJED. 35-41.
- SAGARPA. 2011. Resumen Económico de la Comarca Lagunera 2010 Suplemento especial 1 de Enero de 2011. En: El Siglo de Torreón. Periódico regional, Torreón, Coahuila. 24-27
- Salazar S. E., F. A. Beltrán-Morales, M. Fortis Hernández, J. A. Leos-Rodriguez, J. A. Cueto-Wong y C. Vázquez Rodríguez. 2003. Mineralización de Nitrógeno y Producción de Maíz Forrajero con Tres Sistemas de Labranza. Terra 21:561.
- Salazar, S. E., C. Vázquez, H. I. Trejo y O. Rivera. 2003. Aplicación, Manejo y Descomposición del Estiércol de Ganado Bovino. En: Abonos Orgánicos y Platicultura. Enrique Salazar Sosa *et al* edit. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED Gómez Palacio, Durango, México. 18-19
- SIAP. 2011. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. www.siap.gob.mx/
- Stapleton, J.J. and J. E. DeVay. 1986. Soil solarization: A non-chemical approach for management of plant pathogens and pests. Crop Protection 5:190-198.
- Vázquez V. C., E. Salazar, J. A. Leos, M. Fortis, J. D. López, R. Zúñiga e I. Orona. 2007. Impacto de la aplicación de estiércol bovino en la calidad del suelo y producción de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). En: Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad Enrique Salazar Sosa *et al* Edit. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED Gómez Palacio Durango México. 60-81.

MODELOS DE PRODUCCIÓN DE ALFALFA (*Medicago Sativa L.*) EN DIFRENETES NIVELES DE FOSFORO CON RIEGO SUB SUPERFICIAL

Montemayor Trejo José Alfredo¹, Manjarrez Hernández Oscar Isai¹, Lara Mireles José Luis², Woo Reza José Luis², Rivera González Miguel³, Román López Abel³, Frías Ramírez Ernesto¹, Yescas Coronado Pablo¹

Instituto Tecnológico de Torreón, Dirección General de Educación superior Tecnológica¹ E-mail: montemayorja@hotmail.com. Facultad de Agronomía UASLP². CENID-RASPA – INIFAP³

Resumen

El objetivo de esta investigación fue encontrar los modelos de producción de materia seca (MS) en función de cuatro niveles de fósforo (P), inyectados a través del sistema de riego por goteo sub superficial. La investigación fue realizada en la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, México. En la empresa VERMIORGANIC, S.P.R. de R.L, en el Municipio de Torreón, Coahuila. El sistema de riego fue instalado con cintas de goteo separadas a 1.5 m y 15 cm de profundidad, el espaciamiento entre goteros fue de 30 cm y un gasto de 2.5 litros por hora por metro (Lph-m). En el 2007 se estableció la variedad excelente HQ Plus en una densidad de siembra de 40 kg ha⁻¹. Los tratamientos fueron evaluados en seis cortes de alfalfa en un diseño experimental de bloques al azar. Los modelos fueron obtenidos mediante regresión lineal simple y se correlacionó los días después de siembra (DDS) *versus* materia seca acumulada. Para diferenciar los modelos estadísticamente, se compararon los parámetros β_1 pendiente de la recta o producción diaria, mediante una prueba de t^2 ($P=0.05$) de Student. Se encontraron diferencias estadísticas entre los modelos y en la aplicación de 12 kg de P y se produjo 33% más de MS con respecto al testigo.

Palabras Clave: Alfalfa, Ferti-irrigación, niveles de fósforo

Introducción

En la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, México. En el ciclo agrícola 2009 se sembró una superficie de alfalfa (*Medicago sativa L.*) de 37,231 ha, esta superficie es irrigada principalmente con agua del subsuelo y se estima en promedio un consumo de una lámina de dos metros anuales y es irrigado principalmente con un sistema de riego por inundación o gravedad. Por otra parte, es el alimento principal en la dieta del ganado vacuno, del cual se estiman 228, 774 vientes en producción e integran la principal cuenca lechera del país (El siglo de Torreón, 2010). Para mantener este sistema de producción de forma sostenible con el medio ambiente, es necesaria la incorporación de nuevas tecnologías en el manejo del agua y un mejor aprovechamiento y manejo de los agroquímicos en la producción de los cultivos. El empleo de cintas de riego con emisores igualmente espaciados en forma sub superficial, ha permitido disminuir el volumen de agua hasta un 40% e incrementar significativamente los rendimientos de los cultivos (Camp *et al.*, 2000; Camp 1998). Al satisfacer las demandas diarias de agua por el cultivo con este sistema de irrigación, se induce a una mayor producción de MS, ya que existe una relación lineal entre ambas variables (Sheafer, 1988). El aporte nutricional mediante la ferti-irrigación, es esencial para obtener altas producciones y calidad de alfalfa, ésta, extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, que deben ser periódicamente reemplazados y el fósforo tiene una importante función bioquímica en la calidad y cantidad de MS producida (Mikkelsen, 2004). La síntesis de proteínas, la producción de azúcares, división celular e incluyendo fijación de nitrógeno son funciones del fósforo en la planta (Berg, 2003). Entre las ventajas de la ferti-irrigación se pueden mencionar el incremento de materia seca, debido a la oportunidad del riego con la que se dispone con esta técnica, evitando también la percolación de químicos nocivos para el agua subterránea, ya que solo se mantiene húmedo el perfil deseado, así mismo, se evitan pérdidas por escorrentía y volatilización de fertilizantes (Clark, 1991). El objetivo de esta investigación fue obtener los modelos de producción de MS en función de cuatro dosis de fósforo inyectados a través del sistema de riego por goteo sub superficial (RGS).

Materiales y Métodos

La Comarca Lagunera comprende parte del estado de Durango y Coahuila, México. Se encuentra entre los meridianos 101° 41' y 104° 61' de longitud oeste y los paralelos 24° 59' y 26° 53' de latitud norte. Presenta una extensión montañosa y una superficie plana donde se localiza la mayor superficie destinada a la producción agrícola y pecuaria, así como la zona urbana. La extensión territorial asciende a 47,887 km² y está a una altitud promedio de 1,100 metros sobre el nivel del mar (msnm). Su clima es seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco (García, 1973). Esta investigación fue realizada en los meses de noviembre del 2007 al mes diciembre del 2008 en la empresa VERMIORGANIC, S.P.R. de R.L, ubicada a un costado de la autopista Torreón-San Pedro km 11.5 en el Municipio de Torreón, Coahuila, México. El sistema de riego sub superficial fue instalado en una

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

superficie de $\frac{3}{4}$ de hectárea, la cinta de riego instalada fue de un espesor calibre 15 mil (0.375mm), con separaciones entre cintas de 1.5 m a una profundidad de 15 cm con goteros espaciados a 30 cm y gasto de 2.5 Lph-m. En la tubería principal se instaló un inyector de fertilizante tipo Venturi. La siembra se realizó en suelo seco el 21 de noviembre del 2007, con la variedad Excelente HQ Plus en una densidad de siembra de 40 kg ha^{-1} . El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con cuatro repeticiones y los tratamientos fueron cuatro dosis de inyección de ácido fosfórico después de cada corte: 12, 8, 4 y 0 kg ha^{-1} . Las variables evaluadas fueron: rendimiento de materia seca, lámina de riego aplicada, lámina evaporada de un tanque tipo "A" y eficiencia en el uso del agua. Para obtener los modelos de producción de materia seca de cada nivel de fósforo, se utilizó el método de regresión lineal simple y se correlacionó los días después de siembra (DDS) *versus* materia seca acumulada. El modelo se expresa como: $Y_{ij} = \beta_1 X_i + \beta_0 + e_{ij}$ donde Y_j = materia seca kg ha^{-1} ; X_i = días después de siembra; β_1 = pendiente de la recta (kg día^{-1}); β_0 = intercepto en el origen (kg) y e_{ij} = errores del modelo con media cero y varianza uno. Para diferenciar los modelos estadísticamente, se compararon los parámetros β_1 pendiente de la recta o producción diaria, mediante una prueba de t^2 ($P=0.05$) de Student.

Resultados y Discusión

Modelos de producción de materia seca acumulada en función de los días después de siembra y nivel de fósforo aplicado. La (Figura 1), presenta los modelos obtenidos para cada tratamiento de la materia seca acumulada del primero al sexto corte, éstos fueron realizados a los 144, 174, 206, 236, 271 y 312 días después de siembra, los modelos encontrados fueron de tipo lineal, con coeficientes de determinación (R^2) del orden de 0.98 a 0.99. Días y Buschiazzo (2004), encontraron una alta relación lineal entre la producción relativa de materia seca en alfalfa y niveles de fósforo extraíble en cuatro métodos de extracción, y mencionan que la respuesta a este elemento puede estar limitada a la disponibilidad de otros elementos tales como azufre magnesio y zinc. Las pendientes de los modelos que expresan la producción de MS ($\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos. Así, el tratamiento uno fue de $116.13 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ y es mayor con respecto al tratamiento tres y cuatro, pero no con respecto al tratamiento dos (Cuadro 1). El tratamiento dos fue estadísticamente igual al tratamiento tres y diferente al tratamiento cuatro que presentó la menor producción de $77.04 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Esta producción es 33, 25 y 20 por ciento menor a los tratamientos uno, dos y tres respectivamente. Berardo *et al.*, (2007), encontró una pendiente de $97.33 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ al evaluar dosis de fertilización de fósforo de 0, 50 y 100 unidades y es similar a la reportada por (Berardo y Marino 2000), en un cultivo sin marcadas limitaciones de agua y cita que supera a la reportada por (Vivas y Guaita, 1977). María y Berardo (2005) evaluaron las dosis de fertilización de P de 0, 25, 50 y $100 \text{ kg de P ha}^{-1}$ durante un periodo de cuatro años, éstas fueron aplicadas solo en el primer año para observar el efecto residual del P en los años subsecuentes, encontró una tendencia lineal de los rendimientos de MS con respecto a los niveles de P, las pendientes fueron de 97.2, 62.1, 34.3 y 33.1 Kg ha^{-1} con R^2 de 0.72 a 0.19, menciona que la disminución de estos valores, indican la importancia del P para sostener los niveles óptimos de producción y que resultados similares fueron encontrados por (Vivas y Guaita 1997). Carta *et al.*, (2001) menciona que los niveles de P aplicados al cultivo de alfalfa, pueden ser influenciados por la disponibilidad del agua y deficiencias de otros nutrientes como el Azufre y Boro.

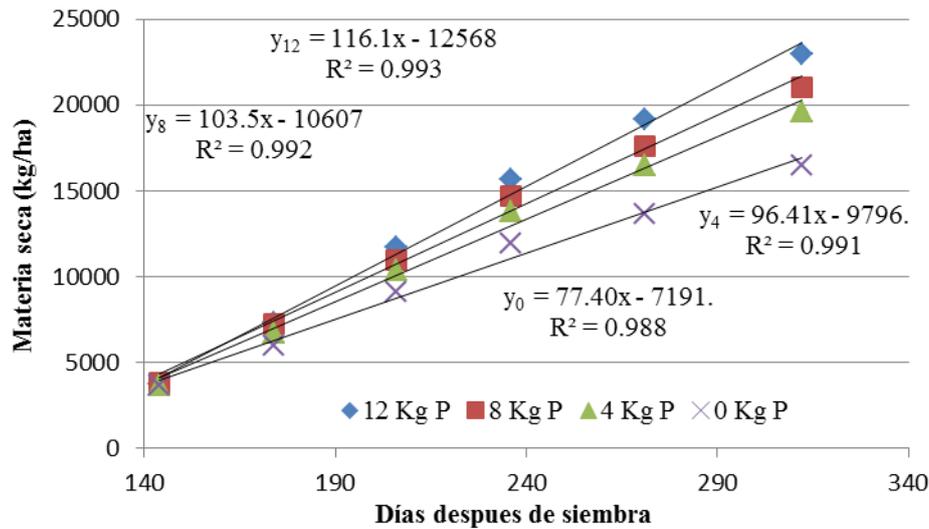


Figura 1. Producción de materia seca en función de los días después de corte para cada nivel de fósforo aplicado.

Cuadro 1. Comparación de pendientes ($\text{kg MS ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$) de los modelos obtenidos.

Tratamiento	Modelo	Error Std β_1	Pendientes	Tc	$T_t(0.05)$
T ₁ (12 kg P)	$Y_1=116.1x - 12568$	4.55	β_{11} vs $\beta_{12}^{n.s}$	1.97	2.13
T ₂ (8 kg P)	$Y_2=103.5x - 10607$	4.47	β_{11} vs β_{13}^{**}	3.09	
T ₃ (4 kg P)	$Y_3=96.4x - 9796$	4.48	β_{11} vs β_{14}^{**}	6.28	
T ₄ (0 kg P)	$Y_4=77.4x - 7191$	4.15	β_{12} vs $\beta_{13}^{n.s}$	1.13	
			β_{12} vs β_{14}^{**}	4.15	
			β_{13} vs β_{14}^{**}	3.11	

Prueba de T de Student $p=0,05$; n.s= no significativo; ** = altamente significativo

Conclusiones

Las inyecciones de fósforo aplicadas después de cada corte incrementan la producción de materia seca hasta un 33% más con respecto a la no aplicación de este elemento. Con los modelos de producción de materia seca se estiman producciones de 77 a 116 $\text{kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ dependiendo de las unidades de fósforo aplicadas.

Literatura Citada

- Berardo, A., M. A. Marino y S. Erht. 2007. Producción de forraje de alfalfa con aplicación de fósforo superficial y profunda. RIA. 36 (1): 97-114.
- Berardo, A. y M.A. Marino. 2000. Producción de forraje de alfalfa bajo diferentes niveles de nutrición fosfatada en el sudeste bonaerense. Revista Argentina de Producción Animal. 20 (2):93-101.
- Berg, W.K., S.M. Brouder, B.C. Joern, K.D. Johnson, and J.J. Volenec. 2003. Improved Phosphorus Management Enhances Alfalfa Production. Better Crops 87 (3):20-23
- Carta, H. y L. Ventimiglia, S. Rillo. 2001. Experimentación en campos de productores En: L. Ventimiglia et al. (ed.). Campaña. 2000/01. UEEA INTA 9 de Julio. Buenos Aires, Argentina.
- Camp, C.R., F.R. Lamb, R.G. Evans and C.J Phene. 2000. Subsurface drip irrigation –Past, Present, and Future. 4th Decennial Nat. Irrigation Symp. Phoenix, AZ.
- Camp, C.R. (1988) Subsurface drip irrigation: A review. Trans ASAE 41(5):1353-1367.
- Clark, G.A., C.D. Stanley, D.N. Maynard, G.J. Hotchmut, E.A. Hanlom and D.Z. Haman. 1991. Water and Fertilizer Management of microirrigated fresh market tomatoes. Transaction of the America Society of Agricultural Engineers. 34: 429-435.
- Díaz, Z. M. and D. E. Buschiazzo. 2004. Alfalfa Production as a Function of Soil Extractable Phosphorus in the Semi-arid Pampas. Better Crops 88 (2): 24-27.

- El Siglo de Torreón. 2010. Resumen Económico Comarca Lagunera 2009 Suplemento Especial. CIA. Editora de la Laguna S.A de C.V. Torreón, Coahuila. México.
- García, E.1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen. UNAM – Instituto de Geografía. México DF.
- María, A.M. and A. Berardo. 2005. Alfalfa Forage Production under Different Phosphorus Supply Strategies. *Better Crops* 89 (4):22-25
- Mikkelsen, R. 2004. Managing phosphorus for maximum alfalfa yield and quality. Proceedings National Alfalfa Symposium, 13-5 December, San Diego, CA.
- Sheafer, C.C., C.B. Tanner and M.B. Kirkhan. 1988. Alfalfa water relations and irrigation. *Agronomy* (29):373-409.
- Vivas, H.S. y M.S. Guaita. 1997. Respuesta a la fertilización fosfatada de alfalfa en un año caracterizado por estrés hídrico. Publicación Miscelánea. N.º 84. EEA INTA Rafaela, Santa Fe. Argentina.

EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ORGÁNICOS EN LA PRODUCCIÓN DE CHILE PIMIENTO MORRÓN

Fortis Hernández Manuel¹, Sánchez Tapia Carlos^{1,2}, Preciado Rangel Pablo¹, Segura Castruita Miguel A.¹, Orozco Vidal Jorge A.¹, Orona Castillo Ignacio², Vázquez Vázquez Cirilo², Leos Rodríguez J. Antonio³

Instituto Tecnológico de Torreón (ITT-DGEST)¹. E- mail: fortismanuel@hotmail.com, Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED)². Universidad Autónoma Chapingo (UACH)³ Trabajo Financiado por: DGEST 2011

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón; el trabajo se realizó durante el ciclo agrícola otoño – invierno 2010-2011 en un Invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) ubicado en el Municipio de Torreón, Coah., Se evaluaron dos tratamientos de Vermicompost (1 y 2), Biocompost y un tratamiento testigo con solución Steiner en bolsas de plástico de 10 kg. Las bolsas fueron llenadas en base a volumen (1:1 v:v), el material genético fue híbrido Calider de fruto amarillo tipo blocky. El diseño experimental fue bloques al azar con diez repeticiones. Las variables evaluadas en planta fueron altura de planta, rendimiento y sólidos solubles; las variables en suelos fueron pH, MO, Nitratos y Amonio. Los resultados mostraron que el tratamiento testigo obtuvo el mayor rendimiento con 17.3 kg m⁻², mientras que los tratamientos orgánicos Vermicompost 1 y 2 obtuvieron rendimientos de 16.4 y 14.7 kg m⁻², respectivamente. Biocompost obtuvo un rendimiento 48% menos que el testigo y 45% menos que el mejor de los orgánicos. En este sentido, estos sustratos pueden ser una alternativa viable puesto que generan rendimientos aceptables.

Palabras clave: *Capsicum Annuum*, nitratos, amonio

Abstract

The objective of the present work was to evaluate organic substrates in the production of chile red pepper, the work was realized during the period autumn – winter 2010-2011 in a greenhouse of the Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) located in the Municipality of Torreón, Coah. Two treatments of Vermicompost (1 and 2), Biocompost were evaluated and a treatment witness with Steiner solution in plastic bags of 10 kg. The bags were filled on the basis of volume (1:1 v:v), the genetic material was hybrid Calider of yellow fruit type blocky. The experimental design was blocks at random with ten repetitions. The variables evaluated in the plant were height of plant, soluble solids and yield; the soil variables were pH, MO, Nitrates and Ammonium. The results showed that the treatment witness respectively obtained the greater yield with 17.3 kg m⁻², whereas the organic treatments Vermicompost 1 and 2 obtained yields of 16.4 kg m⁻² and 14.7 kg m⁻², respectively. Biocompost obtained a yield 48% less than the witness and 45% less than the organic substrates. In this sense, substrates can be a viable alternative since they generate acceptable yields.

Key Words: *Capsicum Annuum*, nitrates, ammonium.

Introducción

Actualmente los consumidores están más interesados que nunca en el origen de los productos, de cómo fueron cultivados o si son seguros para comerse, así como del contenido nutricional enfatizando su preocupación por la posible contaminación con agroquímicos, especialmente por los de consumo en fresco (López, 2004). Por lo que es necesario encontrar sistemas de producción apegados lo más cercano posible a la no aplicación de agroquímicos, siendo uno de los caminos la agricultura orgánica. La FAO (2001) la define de forma general como un método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos. En relación a la fertilización de los cultivos estos tradicionalmente se han lleva a cabo con fuentes inorgánicas debido a su mayor solubilidad, sin embargo, éstos pueden originar un daño a la salud humana, además de incrementar los costos de producción de los cultivos. En las últimas décadas se ha retomado la importancia en el uso de las fuentes orgánicas por la necesidad de preservar la materia orgánica en los sistemas agrícolas que es un aspecto fundamental relacionado a la sostenibilidad y productividad de dichos sistemas. Una

alternativa en la Comarca Lagunera para producir hortalizas en casa sombra sería crear sustratos a partir de estiércol tratado (vermicompostado) en combinación con arena. En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue evaluar mezclas de compostas y arena de tal manera que permitan la obtención de un sustrato orgánico que permita buenos rendimientos y mejor calidad de fruto.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el ciclo agrícola otoño – invierno 2010-2011 en el Invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). Ubicado en el km. 7.5 de la antigua Carretera Torreón - San Pedro, Municipio de Torreón, Coahuila. El diseño experimental bajo el que se desarrolló el experimento fue el de bloques al azar; considerando cuatro tratamientos con cuatro repeticiones: Los tratamientos fueron T1 = Testigo (Solución de Steiner), T2= Vermicompost1; T3= Biocompost y T4 = Vermicompost2. Los cuatro tratamientos tuvieron 10 repeticiones.

Las mezclas de sustratos se formularon en base a volumen (1:1) quedando las mezclas de la siguiente manera: Vermicompost1 + Arena (1:1, v:v); Biocompost + Arena(1:1, v:v); Vermicompost2 + Arena (1:1, v:v) y Testigo (Arena 100%). Los contenedores usados fueron macetas de polietileno de 10 kg. El material genético utilizado fue el híbrido Calider, el cual es de amplia adaptación, con una maduración a los 100 días aproximadamente, resistente a PVY 0, planta vigorosa y con alto potencial de rendimiento, es de fruto amarillo tipo blocky. Los riegos se aplicaron en función de la capacidad de campo de los sustratos, al inicio del cultivo aplicándose 300 ml por maceta cada tercer día, posteriormente la aplicación se hizo diariamente en función del requerimiento de la planta. La fertilización química para el tratamiento de arena fue realizada con solución nutritiva de Steiner (1984).

Las variables evaluadas en planta fueron altura de planta (cm), rendimiento (kg m^{-2}) y sólidos solubles ($^{\circ}\text{Brix}$). Las variables en suelos fueron; Potencial Hidrogeno (pH), Materia Orgánica (%), Nitratos y Amonio. Para realizar el análisis estadístico del experimento de las variables antes mencionadas se utilizó el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) Versión 6.1. Utilizando los procedimientos de ANOVA y para la comparación de medias la prueba utilizada fue Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 5% de significancia con $P \leq 0.05$ (Rebolledo, 2002).

Resultados y discusión

La variable Conductividad Eléctrica (CE) mostró diferencia significativa ($P \leq 0.05$) entre los diferentes sustratos; Biocompost y Vermicompost2 mostraron los valores más altos de CE ($> 10 \text{ dS m}^{-1}$). Nieto-Garibay *et al.* (2002) utilizaron una composta comercial para producción de chile la cual presentaba valores de 8.2 mS cm^{-1} . Warncke (1986) recomienda que CE no debería exceder 3 dS m^{-1} (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias para materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) en suelo en la producción de pimiento morrón con sustratos orgánicos.

Tratamientos	MO %	CE dS m^{-1}	pH	N- NO_3^- mg kg^{-1}	N- NH_4^+
Testigo	0.27d	4.97b	7.3b	99d	68.00c
Vermicompost1	2.98b	5.52b	7.9b,a	240c	210.73a
Biocompost	3.15a	12.29a	8.2a	570a	170.15b,a
Vermicompost2	2.48c	10.13a	7.3b	430b	227.10a

^a Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de DMS ($P \leq 0.05$).

Respecto a pH, el análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencia estadística significativa entre tratamientos ($P \leq 0.05$) y al hacer la prueba de separación de medias por DMS, el comportamiento de pH fue mayor en el sustrato biocompost (8.2). El tratamiento testigo presentó el valor de 7.3, este tratamiento fue fertilizado con la solución nutritiva de Steiner lo que permitió tener un pH cercano al óptimo para el cultivo. Cao y Tibbitts (1994) mencionan que se han encontrado en varias especies de cultivos que los incrementos en el pH promueven la absorción de Amonio (NH_4^+) mientras que una reducción favorece la absorción de Nitratos (NO_3^-) (Cuadro 1).

Respecto a MO el análisis estadístico mostró alta significancia distinguiéndose Biocompost con un valor de 4.57 % seguido de Vermicompost1 con un contenido de 4.32%. La solución Steiner presentó

el valor más bajo con 0.27%. Hernández *et al.* (2008), señala que la pérdida de la materia orgánica de los sustratos orgánicos se atribuye a los compuestos orgánicos solubles en agua. Sin embargo, se puede considerar como una pequeña pérdida de MO ya que las compostas se consideran materiales bioestables: la bioestabilidad es una propiedad de un material orgánico de perder poco peso y conservar sus características físicas y químicas originales durante varios meses, especialmente cuando se encuentran plantas creciendo en él. Márquez *et al.* (2008), encontró valores de 29.2 % en biocomposta y de 10.50% en vermicomposta en la producción de tomate con sustratos orgánicos.

El contenido de nitratos presentó alta significancia. La comparación de medias identifica a Biocompost como el de mayor contenido de nitratos con un valor de 570.51 mg kg⁻¹ seguido de Vermicomposta2 con 350.47 mg kg⁻¹ (Cuadro 1). Ansorena (1994) menciona que el contenido óptimo de nitratos para el cultivo de pimiento va de 100 a 300 mg kg⁻¹. Diversos autores (Castellanos, 1980; Salsac *et al.*, 1987; Buck *et al.*, 1999) han reflejado aumentos de la concentración de nitratos en la solución del suelo durante las primeras etapas vegetativas de los cultivos cuando no se producen pérdidas altas por lixiviación y las cantidades de N consumidas son mínimas; por otra parte, menciona que el contenido de nitrógeno agregado es consumido en cada etapa fenológica parte se pierde por lavado o es inmovilizado por la biota del suelo.

Estos valores altos también pueden ser explicados debido principalmente a la alta actividad enzimática por parte de los microorganismos debido a que las condiciones de aireación, humedad y temperatura fueron favorables para la transformación del nitrógeno a nitratos mediante el proceso de mineralización (Vázquez *et al.*, 2001). Aunado a lo anterior los sustratos en mayor cantidad fueron elaborados con estiércol bovino. La mayor concentración de amonio se presentó en Vermicompost2 con un valor de 227 mg kg⁻¹; el testigo presentó el valor más bajo de amonio con un valor de 6.80 mg kg⁻¹.

Estos valores muestran que el amonio pudo ser mineralizado en el transcurso del tiempo debido a una fuerte actividad enzimática; la movilidad del ión amonio en el sustrato es en gran medida inferior a la del nitrato, así mismo, la concentración de nitrato en el suelo es mayor que la de amonio (Tomati *et al.*, 2002).

Rendimiento del cultivo. El rendimiento mostró diferencias significativas para los diferentes sustratos evaluados. Al realizar la comparación de medias con la prueba de DMS ($P \leq 0.05$) el tratamiento testigo (Solución Steiner) obtuvo el mayor rendimiento con 17.3 kg m⁻², los tratamientos orgánicos Vermicompost1 y 2 obtuvieron rendimientos de 16.4 y 14.7 kg m⁻², respectivamente. Biocompost obtuvo un rendimiento 48% menos que el testigo y 45% menos que el mejor de los orgánicos (Figura 1). Respecto a los sólidos solubles (°Brix), todos los tratamientos orgánicos presentaron valores mayores al testigo; Vermicompost1 obtuvo el mayor valor (9.1). Al respecto, Bar-Tal *et al.* (2000) produjeron en invernadero 8.0 y 16 kg m⁻² de pimiento. Resultados obtenidos por Subler *et al.* (1998) mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de vermicompost, entre el 10 y 20%. Atiyeh *et al.* (2000) mencionan que al usar más de 20% de compost en el sustrato, hay un decremento en el rendimiento del cultivo. Márquez *et al.* (2008), encontraron en sustratos orgánicos con mezclas de vermicompost al 50% + arena, vermicompost + perlita al 37.5 y 50% rendimientos 9 veces mayores a los obtenidos en campo. Márquez *et al.* (2008), también señalan que probablemente factores como la lixiviación, una menor tasa de mineralización, volatilización, adsorción, entre otras, pueden influir para no obtener el rendimiento potencial del cultivo.

Conclusiones

El uso y la aplicación de sustratos orgánicos incrementan la carga de nutrientes para los cultivos. Así mismo, incrementaron la presencia de nitratos lo que indicaría que el N está disponible para el cultivo. Estos resultados demostraron que la producción de chile pimiento morrón en sustratos orgánicos bajo casa sombra, con las mezclas de sustrato 1:1 realizadas, pueden ser una alternativa viable puesto que generan rendimientos aceptables. Los sustratos Vermicompost1 y Vermicompost2 fueron los mejores sustratos orgánicos ya que fueron los que se acercaron a las características químicas ideales de un buen sustrato. Es decir, CE baja, alto contenido de MO, pH entre 7 y 8, alto contenido de nitratos y amonio.

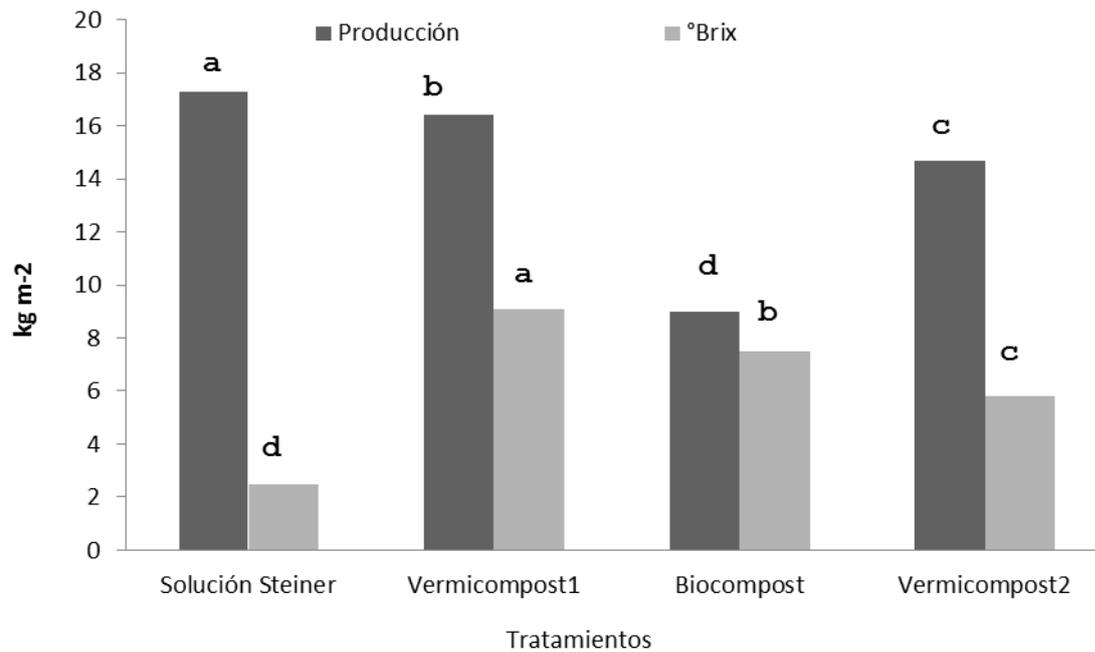


Figura 1. Rendimiento y sólidos solubles en el cultivo de chile pimiento morrón con sustratos orgánicos en casa sombra.

Literatura Citada

- Ansorena, M.J. 1994. Sustratos, Propiedades y Caracterización. Ediciones Mundi prensa. México.
- Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards, and J.D. Metzger. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75:175-180.
- Bar-Tal, A., M. Keinan, B. Aloni, L. Karni, Y. Oserovitz, S. Gantz, A. Hazan, M. Itach, N. Tartakovski, A. Avidan, and I. Posalski S. 2000. Relationships between blossom end rot and water availability and Ca fertilization in bell pepper fruit production. *Acta Hort.* 554: 97-103.
- Buck, C., M. Langmaack, and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil Biol.* 35:23-30.
- Cao, W. and T.W. Tibbitts. 1994. Responses of potatoes to solution pH levels with different form of nitrogen. *J. Plant Nutr.* 17: 109-126.
- Castellanos, R. J. Z. 1980. El estiércol como fuente de nitrógeno. *Seminarios técnicos CIAN-INIA-SARH.* Torreón México 5(13):1-27.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Oportunidades para los países en desarrollo en cuanto a la producción y exportación de productos hortícolas orgánicos, CCI-CTAFAO Roma, Italia.
- Hernández AJ, Guerrero LF, Mármol CL, Bárcenas BJ Ender S. 2008. Caracterización física según granulometría de dos vermicompost derivados de estiércol bovino puro y mezclado con residuos de fruto de la palma aceitera. *Interciencia* 33:668-671.
- López, J. D., Salazar, S E., Castellanos, P E., Vázquez, V.C., Zúñiga, T R. y Covarrubias, R J. 2007. Producción Orgánica en Invernaderos. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED. Durango, México.
- Márquez, HC, R. P. Cano y D. N. Rodríguez. 2008. Uso de sustratos orgánicos para La producción de tomate en invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34(1): 69-74.

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA Y QUÍMICA EN LA ACUMULACIÓN DE BIOMASA EN EL CULTIVO DE TOMATE

Martin Huerta Puebla¹, Pablo Preciado Rangel, Manuel Fortis Hernández, Juan Leonardo Rocha Valdez

Estudiante de Posgrado Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Gómez Palacio, Dgo. Instituto Tecnológico de Torreón
E- mail: ppreciador@yahoo.com.mx

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar la factibilidad de algunas soluciones orgánicas como fuente de nutrimentos en el rendimiento de chile jalapeño producido en invernadero. Se compararon cuatro tratamientos: solución nutritiva inorgánica (Steiner), té de compost, té de vermicompost y lixiviado de vermicompost. Las variables evaluadas fueron el rendimiento.

Los resultados mostraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas. Con la fertilización inorgánica se obtuvieron los mayores rendimientos de frutos. Dentro de los tratamientos de fertilización orgánica, el lixiviado sobresalió con un mayor rendimiento de fruto.

Palabras claves: *Fertilización orgánica, nutrición vegetal.*

Abstract

The aim of this study was to evaluate the feasibility of some organic solutions as source of nutrient the performance of jalapeño pepper produced in greenhouse. We compared four treatments: organic nutrient solution, compost tea, vermicompost tea and vermicompost leachate. These results showed significant difference in yield. Yields were higher with inorganic nutrient solution.

Key Words: *organic fertilization, plant nutrition.*

Introducción

La producción de cultivos hortícolas en condiciones protegidas y el uso de sistemas hidropónicos han permitido incrementos en rendimientos y calidad de frutos. En estos sistemas de producción intensiva la fertilización se realiza por medio de una solución nutritiva que se elabora con fertilizantes de alta solubilidad, generalmente importados, lo que incrementa significativamente los costos de producción (Muñoz, 2004); aunado a potenciales problemas de impacto ambiental, ocasionando la búsqueda de fuentes alternativas de fertilización. Una alternativa para satisfacer la demanda nutrimental de los cultivos, disminuir los costos, es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como lixiviado de compost o vermicompost (Jarecki y Voroney, 2005), té de compost (Hargreaves et al., 2008) y té de vermicompost (Pant et al., 2009). Estas soluciones pueden ser aplicadas por medio de un sistema de riego presurizado, por lo que su uso puede adaptarse en sistemas de producción orgánica de cultivos en invernadero. Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de soluciones nutritivas orgánicas sobre el rendimiento de chile jalapeño en invernadero.

Materiales y Métodos

El presente estudio fue establecido bajo condiciones de invernadero, en el Instituto Tecnológico de Torreón. Los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro diferentes fuentes de fertilización a plantas de chile jalapeño. Cada tratamiento tuvo quince repeticiones, distribuidos en un diseño completamente al azar de tal manera que se tuvieron 60 unidades experimentales. Bolsas de plástico negro de 20 L de capacidad, se utilizaron como macetas y como sustrato perlita. Los tratamientos de fertilización consistieron en: 1) Fertilización inorgánica con solución nutritiva (Steiner, 1984); 2) Té de compost; 3) Té de vermicompost; y 4) Lixiviado de vermicompost. Para la preparación de la solución nutritiva se utilizaron fertilizantes comerciales de alta solubilidad disponibles en el mercado regional. Los té de compost y vermicompost se elaboraron de acuerdo con la metodología propuesta por Ingham (2005). Las soluciones resultantes incluyendo el lixiviado fueron ajustadas a una conductividad eléctrica (CE) de 2.0 dS·m⁻¹ mediante dilución con agua natural y el pH ajustado a 5.5, con ácido cítrico (Capulín et al., 2007). Los frutos de diez plantas por cada tratamiento fueron

cosechados. Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza con el programa SAS (SAS Institute, 1998) y comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$).

Resultados y Discusión

Las diferentes soluciones nutritivas que se utilizaron, provocaron que las plantas de chile mostraran diferencias significativas (Figura 1), la fertilización con la solución nutritiva inorgánica, obtuvo el mayor rendimiento de frutos. Las plantas fertilizadas con el té de vermicompost obtuvieron la menor cantidad de frutos. Resultados similares fueron encontrados por Ochoa et al. (2009) al obtener mayor rendimiento con fertilización inorgánica que con fuentes orgánicas de fertilización.

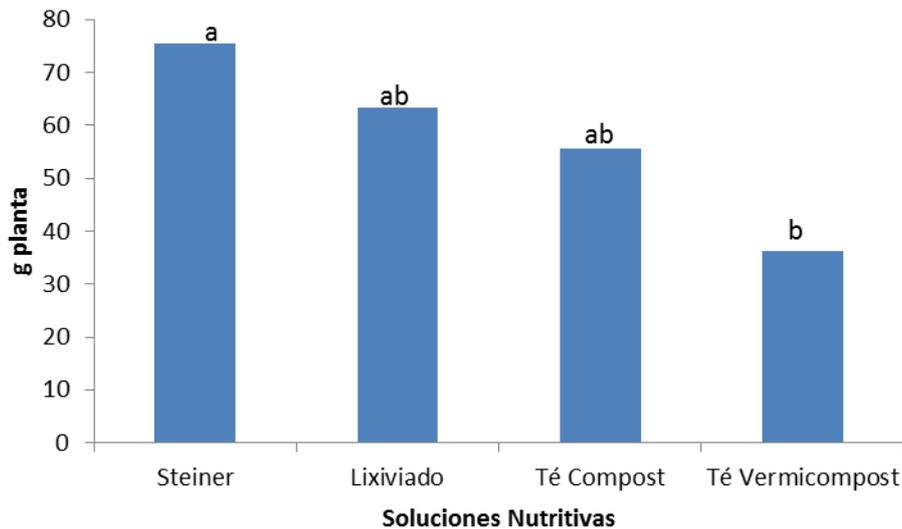


Figura 1. Rendimiento de frutos por efecto de cuatro fuentes de nutrientes en el cultivo de chile jalapeño.

Al respecto García et al. (2008) indican que las soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas de fertilización se deben diluir para disminuir la CE, sin embargo esto provoca una disminución en la concentración de nutrimentos, por lo que es necesario un aporte externo de nutrientes, especialmente de nitrógeno, ya que el suministro adecuado de este elemento está asociado con niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso, alta actividad fotosintética y con la síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento (Castro et al, 2004). A pesar de la superioridad en el rendimiento de frutos del tratamiento con la solución nutritiva Steiner, con relación al obtenido por las soluciones orgánicas, este podría ser compensado por el sobreprecio que tiene los frutos producidos orgánicamente respecto al obtenido con la nutrición tradicional (Cruz et al., 2009) y el bajo costo que representa la fertilización orgánica.

Conclusiones

La fuente de nutrimentos influyó significativamente en el rendimiento. La solución nutritiva Steiner mostró mayor rendimiento de frutos. A pesar del mayor rendimiento obtenido por la solución nutritiva inorgánica, las soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas de fertilización son una opción viable para disminuir el uso de los fertilizantes convencionales.

Literatura citada

- Castro BR, Galvis SA, Sánchez JP, Peña LA, Sandoval VM, Alcantar GG (2004) Demanda de nitrógeno en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot). Revista Chapingo Serie horticultura 10:147-152.
- Capulín GJ, Núñez ER, Aguilar AJL, Estrada BM, Sánchez JP, Mateo SJL (2007). Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. Revista Chapingo Serie Horticultura 13:5-11.

- Cruz LE, Osorio OR, Martínez ME, Lozano del RAJ, Gómez VA, Sánchez HR (2009) Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35: 363-368.
- García GR, Dendooven L, Gutierrez MFA (2008) Vermicomposting lechate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *Asian Journal of Plant Science* 7: 360-367.
- Hargreaves J, Adl MS, Warman PR, Rupasinghe HPV (2008) The effects of organic amendments on mineral element uptake and fruit quality of raspberries. *Plant Soil* 308: 213-226.
- Ingham RE (2005) *The Compost Tea Brewing Manual*. 5th Edition. Soil Foodweb Inc, Corvallis, Oregon. USA. 79 p.
- Jarecki MK, Voroney RP (2005) Evaluation of compost lechates for plant growth on hydroponic culture. *J. Plant Nut.* 28: 651-667.
- Muñoz RJJ (2004) Formulación de la solución nutritiva. pp: 151-180. En: *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. Castellanos, J.Z. (Ed.) 2da Edición. INTAGRI, Celaya, Gto., México.
- Ochoa ME, Figueroa VU, Cano RP, Preciado RP, Moreno RA, Rodríguez DN (2009) Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 15: 245-250.
- Pant AP, Radovich TJK, Hue NV, Talcott ST, Krenek KA (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown undervermicompost and chemical fertilizer. *J Sci Food Agric* 89:2383-2392.

DESARROLLO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO ALGODONERO EN RESPUESTA A LA FERTILIZACION CON ABONOS ORGÁNICOS EN LA COMARCA LAGUNERA

M.L. Ríos-Rodríguez¹, J.L. García-Hernández^{2*}, R.D. Valdez-Cepeda³, E. Salazar-Sosa²,
I. Orona-Castillo², M.A. Gallegos-Robles², E. Troyo-Diéguez⁴

¹ Estudiante de la Maestría en Ciencias en Agricultura Orgánica Sustentable, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango.

² Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango. *Autor para correspondencia: luis_garher@hotmail.com.

³ Centro Regional Universitario Centro Norte, Universidad Autónoma Chapingo.

⁴ Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S.

Resumen

El cultivo del algodón exige para su normal desarrollo, a lo largo del ciclo productivo, una dotación suficiente y equilibrada de nutrientes los cuales desempeñan funciones importantes en la plantas. Cuando los nutrimentos están presentes en cantidades insuficientes o excesivas, pueden modificar positiva o negativamente el desarrollo y rendimiento del cultivo. A través del análisis foliar se puede llegar a conocer el comportamiento de las concentraciones de los nutrientes así como también la existencia de asociaciones entre los mismos. Fue objetivo de este trabajo evaluar el desarrollo y rendimiento de cultivo algodón fertilizado con abonos orgánicos (con tres tratamientos 0, 50,75 Y 100 t ha⁻¹ de estiércol bovino). Se evaluó la biodinámica del cultivo (desarrollo de cuadros, bellotas y capullos por planta) y el contenido foliar de macro-nutrientes. El estudio se realizó en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Se estableció un diseño experimental de bloques al azar. Se sembró la variedad NuCOTN 35^B. Asimismo se evaluó el rendimiento (capullos por planta) (kg/ha) y el área foliar (cm²). Durante la floración se tomaron muestras foliares en las cuales se analizó la composición de P (%), K (%), Ca (%), Mg (%) y Na (%). El rendimiento más alto fue observado en el tratamiento de 50 t ha⁻¹ de estiércol.

Palabras clave: Rendimiento, desarrollo vegetal, algodón y abonos orgánicos.

Abstract

The cultivation of cotton requires for normal development, along the productive season, a sufficient and balanced nutrient supplementation; which play important roles in plants. When they are in insufficient or excessive amounts can change positively or negatively both the crop development and yield. Through foliar analysis we can get to know the behavior of the concentrations of nutrients as well as the associations between them. The objective of this study was evaluate the crop development and yield of cotton fertilized with organic fertilizers (with three treatments 0, 50.75 and 100 t ha⁻¹ cattle manure). The crop biodynamic and foliar content of macro-nutrients were evaluated. The study was carried out in the Municipality of San Pedro de Las Colonias, Coahuila. It was established an experimental design of randomized blocks. The seed used was the variety NuCOTN 35B. Cotton yield (buds per plant) (kg / ha), and foliar area (cm²) were also evaluated. At flowering stage, foliar samples were taken to analyze the composition of P (%), K (%), Ca (%), Mg (%) and Na (%). The highest yield was obtained at the treatment of 50 t ha⁻¹ of manure.

Key Words: Yield, plant development, cotton and organic fertilizers.

Introducción

México es centro de origen y de la diversidad genética del algodón (*Gossypium hirsutum* L.) así como de la gran diversidad de especies silvestres. La importancia de ser el centro de origen, radica en que la especie *hirsutum* es el principal algodón cultivado y representa casi el 90% de la producción mundial (FAOSTAT, 2009). Las variedades cultivadas en México son de ciclo largo y de gran desarrollo vegetativo por que requieren más agua, más nitrógeno y más aplicaciones de insecticidas para la manifestación de su potencial productivo, estos requerimientos aumentan los costos de producción en el detrimento de la rentabilidad del cultivo sin embargo se espera que la producción mundial de

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

algodón aumente 10.7% (11.0 millones de pacas) en 2010/11 (Cotton incorporated, S.F). La Comarca Lagunera es una región donde se producen 560 935 t de estiércol anuales, lo cual plantea la posibilidad de su utilización en la agricultura como abono, el sistema actual de producción del algodónero se caracteriza por usar gran cantidad de insumos, agua, fertilizantes e insecticidas (López-Martínez *et al.*, 2002).

La productividad agronómica depende en gran medida de la aplicación del manejo eficiente del suelo y la nutrición vegetal; el metabolismo de las plantas produce una cantidad importante de compuestos de valor nutrimental, considerando que las deficiencias nutrimentales son factores limitantes, el estudio de los procesos que contribuyen al metabolismo vegetal es esencial para mejorar el valor nutricional de las plantas. Un diagnóstico correcto y el mejoramiento del estado nutrimental de las plantas proporcionan valiosos impactos, ya que no sólo se benefician la sanidad y la calidad de las plantas, sino también la nutrición de los animales y los seres humanos. Por definición, la fertilidad del suelo es la capacidad de los suelos de proporcionar los elementos esenciales para el crecimiento de las plantas en las cantidades apropiadas y en el momento preciso. Pocos suelos se ajustan a las especificaciones requeridas de manera perfecta y la mayoría requiere de suministros adicionales de nutrientes para satisfacer las necesidades de las plantas. Particularmente, es este el caso cuando se tienen en cuenta la productividad sostenida de la tierra a largo plazo. Para desarrollar un sistema de manejo de la nutrición vegetal como parte de un sistema de cultivo, es necesario considerar los siguientes factores: la asimilación de los nutrientes por parte del cultivo para obtener un rendimiento razonable, la cantidad que potencialmente puede ser suministrada por el suelo sin degradarse y la eficacia de utilización del nutriente desde su fuente (FAO, 2001).

El efecto benéfico de usar estiércoles en la agricultura ha sido conocido desde hace siglos, hasta finales del siglo XIX, la agricultura dependió principalmente de los estiércoles para obtener buenas cosechas, lo que cambió con la producción de los fertilizantes químicos que llegaron a ser accesibles y económicos (Magallanes-Quintanar *et al.*, 2006), los abonos orgánicos se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mejorar la estructura del suelo; con ello aumentan la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes para la planta (López-Martínez *et al.*, 2001). Se ha reportado que en la Comarca Lagunera se producen más de 1 000 000 de toneladas de estiércol en base seca al día. Este se aplica en forma relativamente seca en los meses de otoño e invierno, principalmente en los cultivos forrajeros, las dosis y frecuencias de aplicación son muy variables, predominando las dosis altas en intervalos largos de tiempo. En las cuencas lecheras de México cada cabeza de ganado excreta 33 kg al día⁻¹ de estiércol, por lo que en un mes la Comarca Lagunera genera 12 495 716 toneladas, lo cual contamina el medio ambiente (Báez-Írache *et al.*, 2009). Los objetivos de este estudio fueron evaluar el desarrollo y rendimiento del cultivo algodónero fertilizado con abonos orgánicos (con tres tratamientos 0, 50,75 Y 100 t ha⁻¹ de estiércol bovino fresco) a partir de los datos obtenidos monitoreo de la biodinámica del cultivo y el análisis foliar de macro nutrientes.

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación fue realizado en el Municipio de San Pedro de las Colonias, de acuerdo a un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos. Las dosis de fertilización fueron de 50 (T1), 75 (T2) y 100 (T3) t ha⁻¹ de estiércol bovino y control absoluto sin ningún tipo de fertilización (T4). Se sembró la variedad NuCOTN 35^B sembrada tradicionalmente en la zona, el manejo agronómico de plagas, maleza, enfermedades se realizó de acuerdo a las prácticas convencionales de la región. Antes de la siembra y después de la cosecha se tomaron muestras de suelo para definir las características de fertilidad del mismo antes y después de tratamientos. Se evaluó el rendimiento del cultivo respecto a la producción de algodón pluma (fibra sin semilla o hueso, en t ha⁻¹) y la biodinámica (producción de cuadros, flores, bellotas y capullos por planta) en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Además, durante la floración se tomaron muestras foliares, con la finalidad de empezar a conformar una base de datos del contenido de nutrimentos como el P (%), K (%), Ca (%), Mg (%) y Na(%) determinado mediante cromatografía de absorción atómica.

Resultados y Discusión

En la Figura 1, se presenta el rendimiento de algodón pluma obtenido al final del experimento y su comparación por tratamientos. El tratamiento con mayor rendimiento fue el de 50 t ha⁻¹ de estiércol con un valor de 0.84 t ha⁻¹. El siguiente valor encontrado fue en el tratamiento de 100 t ha⁻¹ de estiércol con un rendimiento de 0.80 t ha⁻¹, seguido del tratamiento de 75 t ha⁻¹ de estiércol con un rendimiento de 0.77 t ha⁻¹ de algodón pluma. El rendimiento más bajo (0.63 t ha⁻¹) fue donde no hubo ningún tipo de fertilización. En este sentido se ha demostrado que el rendimiento del algodón depende del balance nutrimental, principalmente N y P (Blanco-Macías *et al.*, 2006). El resultado obtenido indica que el tratamiento de 50 t ha⁻¹ de estiércol propició un mejor balance nutrimental.

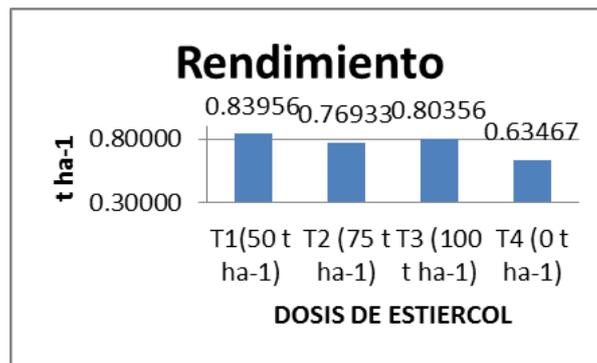


Figura 1. Rendimiento de algodón pluma (sin hueso).

La biodinámica del cultivo para cada uno de los tratamientos se presenta en la Figura 2, a los 60 días después de la siembra, el tratamiento de 100 t ha⁻¹ obtuvo la mayor cantidad de capullos, bellotas, flores y cuadros, seguido del tratamiento de 75 t ha⁻¹, el tratamiento de 50 t ha⁻¹, el cultivo sin fertilizar y el convencional, en ese orden. A los 70 días después de la siembra el número de capullos y de bellotas se incrementó en todos los casos a excepción del convencional, el tratamiento con el mayor número de capullos y bellotas fue para el de 100 t ha⁻¹, y en orden descendente, para el tratamiento de 50 t ha⁻¹, 75 t ha⁻¹, el cultivo sin fertilizar y el convencional.

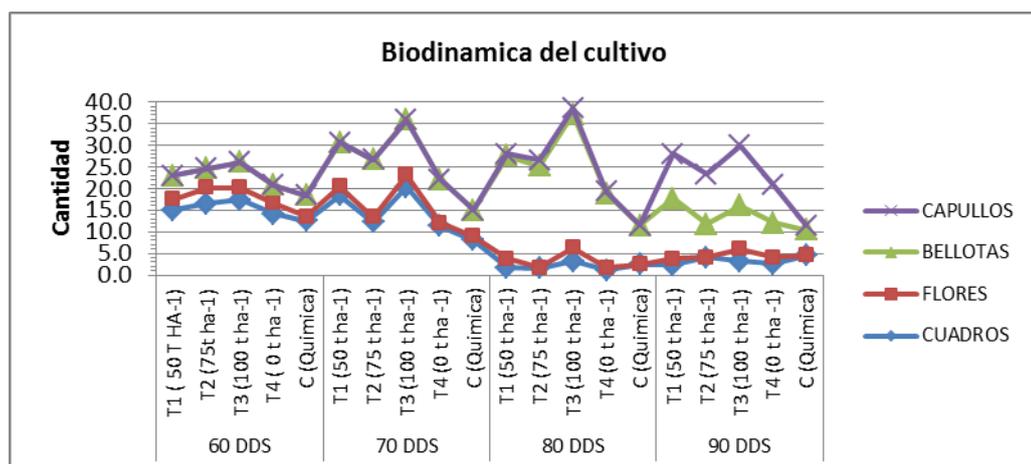


Figura 2. Monitoreo de la Biodinámica del cultivo a 60, 70, 80 y 90 DDS.

En el caso de las flores y cuadros siguen el mismo orden que en capullos y bellotas. A los 80 días después de la siembra el mayor número en capullos y bellotas sigue siendo para el tratamiento de 100 t ha⁻¹, seguido por el de 50 t ha⁻¹ y el de 75 t ha⁻¹ y con un valor un poco más bajo para el cultivo sin fertilizar y el tratamiento convencional, estos valores son similares a los encontrados a los 70 días después de la siembra, el número de cuadros y flores disminuye considerablemente a los 80 días el

tratamiento de 100 t ha⁻¹ tuvo el mayor número de estos, seguido del tratamiento de 75 t ha⁻¹ y el cultivo sin fertilizar con valores muy similares; el valor más bajo fue para el tratamiento de 50 t ha⁻¹ y el convencional con valores muy similares. A los 90 días después de la siembra el número de capullos se mantuvo similar a los 80 días, sin embargo, el número de bellotas se redujo en todos los casos el valor más alto fue para el tratamiento de 50 t ha⁻¹, seguido por el tratamiento de 100 t ha⁻¹, el tratamiento de 75 t ha⁻¹ y el cultivo sin fertilizante tuvieron valores muy similares; y el valor más bajo fue para el tratamiento convencional, las flores y cuadros a los 90 días fueron muy similares a los presentados a los 80 días de siembra.

En la Figura 4, se presentan los porcentajes de Ca, Na y K en tejido foliar. En cuanto al porcentaje de Ca, todos los tratamientos obtuvieron porcentajes similares cercanos al 0.05%, a excepción del cultivo sin fertilizar que fue un poco más bajo a los demás, el tratamiento 100 t ha⁻¹ obtuvo el mayor porcentaje de Na con un valor de 0.22%, seguidos por el tratamiento 50 t ha⁻¹ y el convencional que fueron muy similares con un valor de 0.20% y los valores más bajos fueron para el tratamiento 75 t ha⁻¹ y el cultivo sin fertilizar, cuyos valores fueron de 0.19 y 0.18% respectivamente. Con respecto al porcentaje de K, el valor más alto lo obtuvo el tratamiento 75 t ha⁻¹ con 0.37%, seguido del tratamiento de 100 t ha⁻¹ y el convencional que fueron muy similares cercanos a 0.35%, después el cultivo sin fertilizar con 0.325% y al final el tratamiento 50 t ha⁻¹ con un valor de 0.31%. Por otro lado, la Figura 5, muestra los porcentajes de Mg y P en tejido foliar, el cultivo sin ningún tipo de fertilizante obtuvo el porcentaje más alto de Mg con 4%, seguido por el tratamiento de 50 t ha⁻¹ y el convencional que fueron similares con un porcentaje cercano al 3.6%, los valores más bajos fueron para los tratamientos de 75 y 100 t ha⁻¹ con valores iguales de 3.5%, el tratamiento de 75 t ha⁻¹ obtuvo el porcentaje más alto en P con un valor cercano al 3%, un poco más bajo el tratamiento de 50 t ha⁻¹ con 2.9% y el tratamiento 100 t ha⁻¹, el convencional y el cultivo sin fertilizar obtuvieron los valores más bajos con un valor aproximadamente de 2.8%.

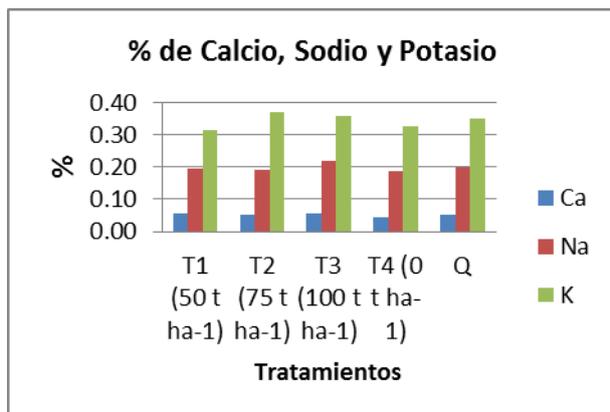


Figura 4. % de Ca, Na, y K en tejido foliar.

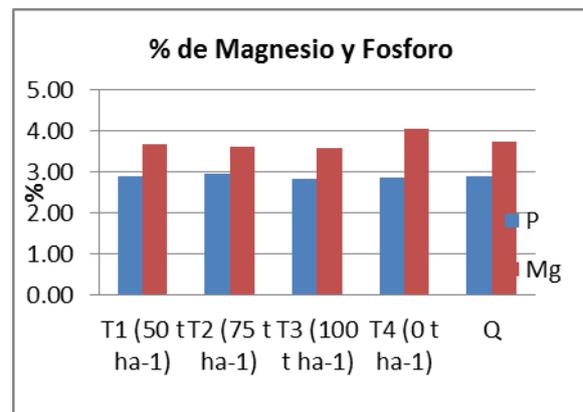


Figura 5. % de Mg y P en tejido foliar.

Conclusiones

En los sistemas biológicos es difícil aislar las causas y los efectos del comportamiento de los ciclos naturales, ya que cada componente puede influir sobre otros a través de una compleja red de interacciones directas e indirectas. En T3 encontramos un menor porcentaje de potasio (Figura 3), sin embargo en este tratamiento la cantidad tanto de cuadros, flores, bellotas y capullos fueron superiores a cualquier otro tratamiento en las diferentes etapas de monitoreo (Figura 2), este elemento es esencial para la formación de flores y frutos en las plantas. La concentración de fósforo demostró un comportamiento similar en T2 y T3 con una diferencia de 0.02 y 0.01 % (Figuras 4 y 5) en comparación con un cultivo fertilizado convencionalmente.

Literatura Citada

Baez-Iracheta, F., Payan-García, J.A., Chávez - Sánchez, N., Amado-Álvarez, J.P. 2009. Uso de composta y estiércol para la producción y calidad nutritiva de la avena forrajera. *Agricultura Orgánica*. Gómez Palacio, Durango: 83.103.

- Blanco - Macías, F., Lara - Herrera, A., Valdez - Cepeda, R., Cortes - Bañuelos, O., Luna - Flores, M., Salas - Luevano, M. A. 2006. "Interacciones nutrimentales y normas de la técnica de nutrimento compuesto en nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller)." *Revista Chapingo, Serie Horticultura* 12: 165- 175.
- Cotton Incorporated. 2010. Reporte económico mensual.
- FAO. 2001. Directrices para ensayos y demostraciones de nutrición vegetal y manejo de suelos a nivel de finca. Roma.
- FAOSTAT ProdSTAT Crops. 2009. FAO. <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>. (consulta: 18 de mayo de 2010).
- López-Martínez, J., Díaz Estrada, A., Martínez Rubín, E., Valdez Cepeda, R. 2001. "Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz." *TERRA Latinoamérica* 19: 293-299.
- López-Martínez, J., Gallegos-Robles, M., Santos-Cerrato, J., A Valdez Cepeda, R., Martínez Rubín, E. 2002. "Producción de algodón transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas." *TERRA Latinoamérica* 20: 321-327.
- Magallanes-Quintanar, R., Valdez-Cepeda, R.D., Olivares-Sáenz, E., Perez-Veyna, O., García-Hernández, J.L., López-Martínez, J.D. 2006. "Compositional nutrient diagnosis in maize grown in a calcareous soil." *Journal of Plant Nutrition* 29: 2019-2033.

APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO AL SUELO Y FERTILIZACIÓN FOLIAR EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO

Fortis Hernández, Manuel¹; Preciado Rangel, Pablo¹; Segura Castruita, Miguel A.¹; Orozco Vidal, Jorge A.¹; Vázquez Cervantes, Luis A.²; García Hernández, José L.²; Antonio Gonzales, Jacob³ y Chavarría Galicia, José A.¹.

¹Instituto Tecnológico de Torreón (ITT-DGEST), Torreón, Coahuila, México. ²Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Gómez Palacio, Dgo. ³Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA). Texcoco, Edo. de México.

E-mail: fortismanuel@hotmail.com

Trabajo Financiado por: DGEST 2010

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la aplicación de diferentes dosis de estiércol bovino solarizado y fertilización foliar en la producción de maíz con el propósito de reutilizar el estiércol que se genera en grandes cantidades en la Comarca Lagunera. El estudio se realizó en el Ejido —Fasno del Norte”, Municipio de Francisco I Madero, Coahuila, durante el ciclo primavera-verano de 2010. Se evaluaron tratamientos de estiércol y aplicación de 1 L ha⁻¹ de fertilizante foliar en maíz forrajero variedad San Lorenzo, con un diseño de parcelas divididas. En las parcelas grandes se evaluó la aplicación de fertilización foliar con y sin (CFF y SFF) y en las parcelas chicas se evaluaron tres dosis de estiércol: 40, 60 y 80 t ha⁻¹; además de un tratamiento con fertilización química (200-100 N-P₂O₅) y un testigo. Las variables evaluadas fueron: a) Rendimiento de forraje verde y materia seca, b) Contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica, nitratos y amonio en suelo. Los resultados indicaron que la aplicación de 1 L ha⁻¹ de fertilización foliar orgánica y la incorporación de 80 t ha⁻¹ de estiércol bovino solarizado al suelo genera los mayores rendimientos de forraje verde (50.17 Mg ha⁻¹) y materia seca (17.56 Mg ha⁻¹); superando al tratamiento químico en un 8 %. La aplicación de abonos orgánicos incrementa la presencia de nitratos y amonio lo que permitiría no aplicar nitrógeno al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola.

Palabras clave: *Zea mays*, nitratos y amonio.

Abstract

The objective of the present work was to evaluate the application of different doses from solarizate manure bovine and foliar fertilization in the corn production in order to reuse the manure that is generated in great amounts in the Comarca Lagunera region. The study was realized in the Ejido —Fasno del Norte”, Municipality of Francisco I Madero, Coahuila, during the cycle spring-summer of 2010. Manure bovine treatments were evaluated and application of 1 L ha⁻¹ of foliar fertilizer on corn forage production variety San Lorenzo, with a split-plot in a randomized block design. In the large plot was evaluate the application of foliar fertilization with and without (CFF and SFF) and in the small plot three doses of manure were evaluated (40, 60 and 80 t ha⁻¹); besides a treatment with chemical fertilization (200-100 N-P₂O₅) and a witness. The evaluated variables were: a) Corn forage yield and dry matter, b) Content of organic matter, electrical conductivity, nitrates and ammonium in soil. The results indicated that the application of 1 L ha⁻¹ of organic foliar fertilization and the doses of 80 t ha⁻¹ generates the majors yields of corn forage (50.17 Mg ha⁻¹) and dry matter (17.56 Mg ha⁻¹), surpassing to the chemical treatment in a 8 %. The application of organic fertilizers increases the presence of nitrates and ammonium which would allow not applying nitrogen at least at the beginning of a new agricultural cycle.

Key Words: *Zeamayz*, nitrates, ammonium.

Introducción

La Comarca Lagunera es la principal Cuenca lechera del país por su gran producción de leche, reportes señalan dos millones de litros diarios, más de 228,774 cabezas en explotación y 442,945 en inventario (SAGARPA, 2010). Lo anterior impacta en la demanda de forrajes para la alimentación del ganado, así como de otras fuentes alternativas de alimentos. En México, los forrajes constituyen una

de las fuentes más económicas de nutrientes; a pesar de su bajo contenido de proteínas y minerales su valor nutrimental es compensado por su alto contenido de fibras, por lo que su producción es una actividad muy importante. En la región los forrajes que en mayor superficie se cultivan son: alfalfa (39794 ha), maíz forrajero (28627 ha), sorgo(16407 ha), avena(8407 ha) y zacate ballico(549 ha), siendo el cultivo de maíz forrajero bajo riego el que ocupa un lugar de suma importancia en el patrón de cultivos(SAGARPA, 2010).

Sin embargo, la existencia de una gran cantidad de cabezas de ganado ha generado la producción de 1'200,000 toneladas de estiércol base seca lo que plantea un reto para su aprovechamiento. Una alternativa, que por muchos años se ha utilizado, es aplicarlo al suelo para mejorar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo tratando de reducir la utilización de fertilizantes químicos, disminuir los costos de producción y reduciendo los índices de contaminación(Castellanos *et al.*, 1996). Se considera que el manejo adecuado del suelo mediante prácticas de incorporación de estiércol trae una serie de ventajas tales como; reducir las pérdidas del suelo y agua, incrementa la retención de humedad en climas áridos y semiáridos, incrementando la resistencia a la erosión eólica e hídrica, mejora la estructura y la calidad del suelo. Además, el estiércol incorporado al suelo incrementa el contenido de materia orgánica. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del estiércol solarizado y la fertilización foliar sobre las propiedades físico-químicas del suelo, el rendimiento y calidad de maíz forrajero variedad San Lorenzo.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano del 2010, en el ejido "Fresno del Norte", perteneciente al municipio de Francisco I Madero, Coahuila localizado geográficamente entre los paralelos 25° 43'15" de Latitud Norte y 103° 15'07" de Longitud Oeste y a una altura sobre el nivel del mar de 1,150 m. El clima según la clasificación de Köppen modificado por García (1981), es seco desértico o estepario cálido con lluvias en verano e invierno frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1°C, con rango de 38.5°C como media máxima y 16.1°C como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm. La presencia de las heladas ocurren de noviembre a marzo y raras veces en octubre y abril, mientras que la presencia de granizada se da entre mayo y junio.

Los factores de estudio fueron A= Fertilización foliar (Con y sin fertilización; CFF, SFF) y B = Aplicación de dosis de estiércol solarizado (40, 60 y 80 t ha⁻¹); además se considero un testigo absoluto y un testigo con fertilización química (200-100-00 N-P₂O₅). El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas; siendo la parcela chica (B) las dosis de estiércol y la parcela grande (A) la fertilización foliar orgánica, se consideraron cuatro repeticiones. Los análisis estadísticos de ANOVA y comparación de medias por la prueba de Tukey ($P < 0.05$) se llevaron a cabo en el programa estadístico SAS ver. 9 (2007). El cultivo se estableció en parcelas experimentales de 3 X 5 m, la separación entre surcos fue de 76 cm y entre plantas de 15 cm. La parcela útil para la determinación de las variables evaluadas fueron los dos surcos centrales.

El estiércol se obtuvo del establo Compuertas del ejido del mismo nombre y fue solarizado en el Campo Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, la duración del proceso fue de seis meses utilizándose plástico transparente calibre 1000 sin albedo de alta transmisibilidad. Un mes antes de la siembra y posterior al barbecho y nivelación laser del terreno fue aplicado el estiércol solarizado a los tratamientos evaluados; posteriormente fue incorporado al suelo con un paso de rastra a una profundidad de 20 cm. La siembra se llevo a cabo el día 28 de febrero a tierra "nueva", utilizando la variedad de maíz blanco San Lorenzo cuyas características son: gran adaptabilidad a diversos ambientes, alta producción de grano, ideal para ensilaje por su alta calidad de forraje, grano blanco de ciclo intermedio, con una altura de planta de 1.78 a 1.95 m y resistente al acame. Para el riego del cultivo se utilizó agua de pozo aplicado por el sistema de multicompuertas aplicando una lámina total de 65 cm; riego de pre siembra 20 cm y tres riegos de auxilio de 15 cm.

La fertilización química (200-100-00: N-P₂O₅) fue aplicada con las siguientes fuentes: para nitrógeno fue urea (46-00-00) y fosfato mono amónico MAP (18-46-00); se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra y la otra mitad del nitrógeno 49 días después en la primer escarda. El fertilizante foliar aplicado fue un producto orgánico denominado comercialmente @Fertiplus⁺ con 28% de N, 8.5% de P₂O₅ y 14% de K₂O, Azufre (S) 1.35%, Calcio (Ca) 0.19% y Magnesio (Mg)

0.086%; este se aplicó a los 28 días después de la siembra (DDS) y posteriormente cada 15 días hasta completar la dosis recomendada de 1 litro para el cultivo de maíz en 200 litros de agua por hectárea. Las variables evaluadas en el cultivo fueron: altura de planta (cm), rendimiento de forraje verde y materia seca (Mg ha^{-1}). Las variables evaluadas en suelo fueron: Materia orgánica (%), humedad(%), pH, Conductividad Eléctrica (dSm^{-1}), Nitratos (mg kg^{-1}) y Amonio (mg kg^{-1}). Para analizar materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, Nitratos y Amonio se tomaron muestras de suelo por tratamiento a la profundidad de 0-30 cm; posteriormente se analizaron en el laboratorio siguiendo los procedimientos que marca la NOM-021-RECNAT-2001.

Resultados y Discusión

En relación a los resultados de la parcela grande para las variables rendimiento de forraje verde y materia seca, el análisis de varianza mostro diferencias altamente significativas ($P \leq 0.05$). El Tratamiento con fertilización foliar presento los mayores rendimientos de forraje verde y materia seca con 50.16 Mg ha^{-1} y 17.56 Mg ha^{-1} , respectivamente. Estos valores fueron superiores a los tratamientos sin aplicación de fertilizante foliar en un 3 %. Trinidad y Aguilar (1999) reportaron un incremento promedio del rendimiento de grano de maíz del 17.7 % (2.81 t ha^{-1}) al aplicar tres aspersiones de NPK vía foliar.

Respecto a los resultados de las diferentes dosis de estiércol (Factor B) sobre las características químicas del suelo, estos se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Comparación de medias para materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) en suelo en la producción de maíz forrajero con tratamientos de estiércol bovino solarizado, fertilización química y testigo.

Tratamientos	MO (%)	CE (dS m^{-1})	NO_3^- (mg kg^{-1})	NH_4^+ (mg kg^{-1})
0 (Testigo)	2.82c	4.21c	8.74c	7.18d
40 t ha^{-1}	3.46b,c	4.27b,c	16.18b	9.48c
60 t ha^{-1}	3.97a,b	4.82b	22.97a	11.11b,c
80 t ha^{-1}	4.25a	5.94a	18.09b	13.41a
200-100-00 (N- P_2O_5)	3.01b,c	2.12c	21.00a	12.60a,b

^aValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 1, se observa que la materia orgánica fue mayor en el tratamiento de 80 t ha^{-1} , seguida del tratamiento de 60 t ha^{-1} ; Julca *et al.*, (2006) señalan que el estiércol es una excelente fuente de MO y recomienda su uso para mejorar suelos muy pobres, reportan concentraciones de MO en el estiércol de alrededor de 5%. Respecto a CE el mayor valor (5.94 dS m^{-1}) fue encontrado en el tratamiento de 80 t ha^{-1} , siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos; este valor es característico de suelos con ligeros problemas de salinidad. En nitratos se encontró diferencia altamente significativa, siendo el mejor tratamiento el de 60 t ha^{-1} con 22.97 mg kg^{-1} , seguido del químico (21 mg kg^{-1}); El nitrato es un aceptor de electrones en la desnitrificación, según lo reportan Saleh-Lakha *et al.* (2009), y aun así los abonos de origen animal sólo se mineralizan en menos del 70 % el primer año; respecto amonio el tratamiento de 80 t ha^{-1} mostro el mayor valor siendo este de 13.41 mg kg^{-1} ; seguido del tratamiento químico con 12.60 mg kg^{-1} ; ambos valores se consideran en un rango medio.

Respecto a los resultados de las diferentes dosis de estiércol (Factor B), el análisis de varianza muestra diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) para el rendimiento de forraje y materia seca (Figura 1).

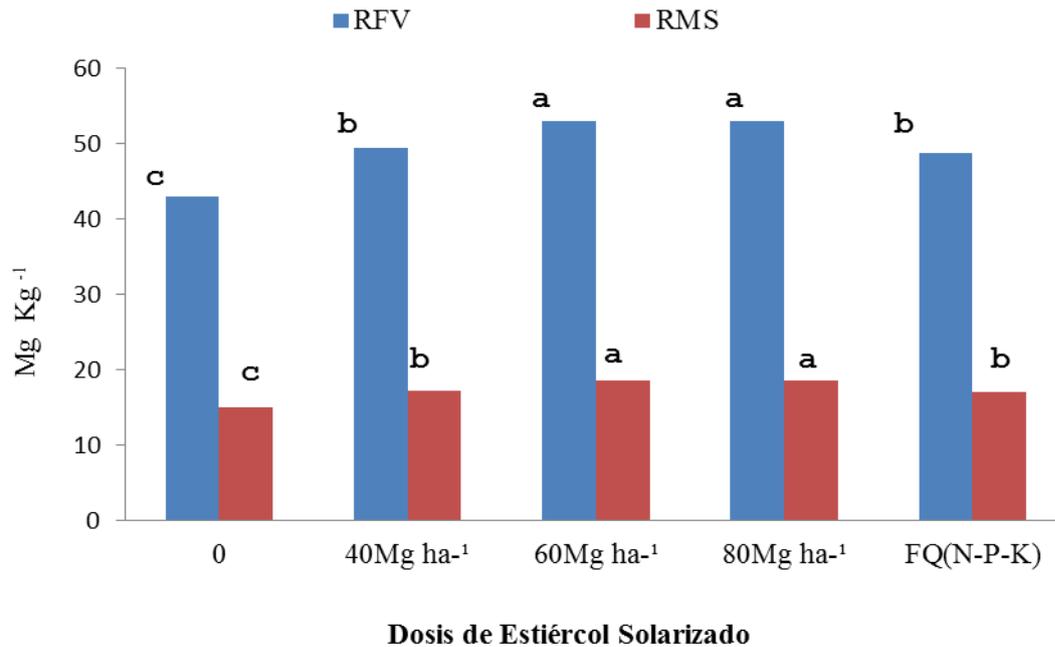


Figura 1. Rendimiento de forraje verde y materia seca en la producción de maíz forrajero con aplicación de diferentes dosis de estiércol.

La comparación de medias realizada por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) muestra que los mayores rendimientos de forraje verde fueron obtenidos con la aplicación de 80 y 60 t ha⁻¹ de estiércol, con valores de 53.02 Mg ha⁻¹ y 52.97 Mg ha⁻¹ y de materia seca con valores de 18.56 Mg ha⁻¹ y 18.54 Mg ha⁻¹, respectivamente. Estos resultados superaron al tratamiento con fertilización química en un 8 %. Reta *et al.* (2004) obtuvieron rendimientos significativamente mayores con estiércol o vermicompost al igual que Salazar *et al.* (2007) quien obtuvo 19.62 Mg ha⁻¹ con 40 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino. Reta *et al.* (2004) registraron rendimientos de 22.1 Mg ha⁻¹ de MS con el uso de estiércol y de 20.2 Mg ha⁻¹ al utilizar fertilizante químico. El incremento en la producción en los tratamientos orgánicos se explica porque el estiércol no sólo retiene la humedad por más tiempo, sino que además es una fuente que libera los nutrientes de manera paulatina a través de todo el ciclo fenológico del cultivo. En el estiércol habría una actividad enzimática constante en durante todo el ciclo, biodegradándolo y liberando iones que están disponibles para plantas y microorganismos (Salazar *et al.*, 2007).

Respecto a la interacción fertilización foliar x dosis de estiércol, los valores obtenidos del rendimiento de materia seca sugieren que en la fertilización química (17.99 Mg ha⁻¹ CFF y 16.08 Mg ha⁻¹ SFF), así como en el testigo (16.61 Mg ha⁻¹ CFF y 13.43 Mg ha⁻¹ SFF) existió un aumento significativo en el rendimiento de materia seca al aplicar fertilización foliar orgánica (Figura 2).

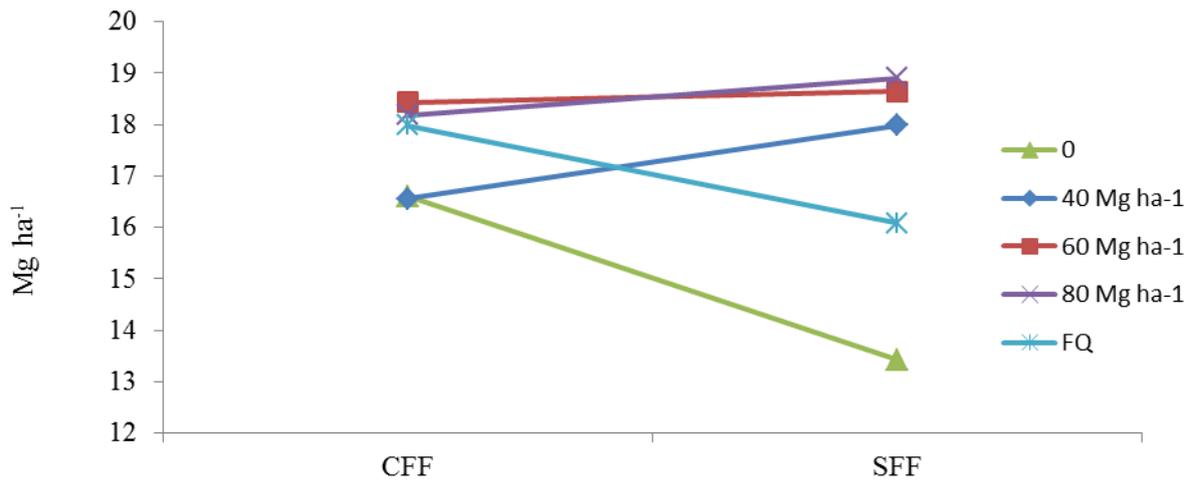


Figura 2. Interacción parcela grande (CFF y SFF) y parcela chica (dosis de estiércol) en la variable materia seca en el cultivo de maíz forrajero variedad San Lorenzo.

Conclusiones

La aplicación de 1 L ha⁻¹ de fertilización foliar orgánica y la incorporación de 80 t ha⁻¹ de estiércol bovino solarizado al suelo presentaron los mayores de rendimiento de forraje verde (50.17 Mg ha⁻¹) y materia seca (17.56 Mg ha⁻¹) en el cultivo de maíz forrajero. Los NO₃⁻ y NH₄ se incrementan al incorporar 60 t ha⁻¹, así como el contenido de materia orgánica. La aplicación de abonos orgánicos incrementa la presencia de nitratos lo que permitiría no aplicar nitrógeno al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola. Las variables evaluadas en suelo (materia orgánica, conductividad eléctrica) se encuentran dentro de los rangos permisibles para el buen desarrollo del cultivo de maíz.

Literatura Citada

- Castellanos, J. Z.; Márquez, J. J.; Etchevers, J. D.; Aguilar, A.; Salinas, J. R. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada del norte de México. *Terra* 14-2: 151-158.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Julca, O A., Meneses, F L., Blas, S R., Bello, A S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA (Chile)*. 24:49-61.
- Reta, S. D. G., J. A. Cueto-W. y U. Figueroa-V. 2004. Efecto de la aplicación de estiércol y composta en maíz forrajero en dos sistemas de siembra. Informe de Investigación. INIFAP. Campo Experimental La Laguna. Torreón, Coahuila, México.
- Statistical Analysis System (SAS). 1998. SAS for Windows. Release 6-12, versión 4.0.1111. Cary, NC, USA.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria y Forestal en la Región Lagunera.
- Salazar-Sosa, E., A. Beltrán-Morales, M. Fortis-Hernández, J. A. Leos-Rodríguez, J. A. Cueto-Wong y C. Vázquez-Vázquez. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza. *Terra* 21: 561-567.
- Saleh-Lakha, S.; Shannon, K. E.; Henderson, S. L.; Zebarth, B. J.; Burton, D. L.; Goyer, C.; Trevors, K. T. 2009. Effect of nitrate and acetylene on nirS, cnorB, and nosZ expression and denitrification activity in *Pseudomonas mandelii*. *Applied and Environmental Microbiology* 75: 5082-5087.
- Trinidad S, A., y Aguilar, M.D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *TERRA Latinoamericana* 17:247-255.

RESPUESTA AL USO DE BIOFERTILIZANTES EN LA AGRICULTURA DEL VALLE DEL YAQUI, SONORA DESPUÉS DE TRES AÑOS DE INOCULACIÓN EN LA ROTACIÓN TRIGO-FRIJOL-CÁRTAMO

Ortiz Ávalos Alma Angélica¹, Cortés Jiménez Juan Manuel¹, Ruiz Vega Teresa de Jesús¹
¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Norman E. Borlaug, Cd. Obregón, Sonora, México, Tel. 644 4145700. Correo: ortiz.alma@inifap.gob.mx

Resumen

Se evaluó el efecto simple y las interacciones entre nitrógeno (N), fósforo (P), *Glomus intraradices* (G), *Azospirillum brasilense* (A) y *Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense* (G+A) en el cultivo de trigo, frijol, cártamo y en el rendimiento acumulado de los tres cultivos después de tres ciclos de aplicación de biofertilizantes. La evaluación se llevó a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. La evaluación se llevó a cabo mediante el establecimiento de un experimento factorial donde el factor uno correspondió a la dosis de nitrógeno establecida, el factor dos a la de fósforo y el factor tres correspondió a los tratamientos con biofertilizantes. Para la prueba de rango múltiple se utilizó la prueba de tukey al 0.01 y 0.05 de probabilidad. Se concluyó para efectos de esta evaluación que hay respuesta a la aplicación de biofertilizantes cuando no hay fertilización química, la simbiosis doble (*Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense*) disminuye el rendimiento cuando no hay fertilización química y que la mayor respuesta del *Azospirillum brasilense* se da en ausencia de fertilizante nitrogenado.

Palabras clave: Ceba, hongo y bacteria.

Abstract

The effect simple and the interactions between nitrogen (N), phosphorus (P), *Glomus intraradices* (G), *Azospirillum brasilense* (A) and *Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense* (G+A) in the cultivation of wheat, beans, safflower and the cumulative performance of the three crops after three cycles of application of biofertilizers. The evaluation was conducted in the Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP. The evaluation was carried out by establishing a factorial experiment where one factor accounted for the nitrogen set, the factor of two phosphorus and three factors in the treatments with biofertilizers. For multiple range test was used Tukey's test at 0.01 and 0.05 of probability. It was concluded for purposes of this assessment no response to the application of biofertilizers when no chemical fertilization, the double symbiosis (*Glomus intraradices*+*Azospirillum brasilense*) decreases the performance when no chemical fertilizers and the largest response occurs in *Azospirillum brasilense* absence of nitrogen fertilizer.

Key Words: Strain, fungus, bacterium

Introducción

Durante muchos años, las tendencias de las actividades agrícolas giraron en torno al incremento de la producción de los cultivos a fin de maximizar los rendimientos y beneficios económicos por unidad de superficie, sin considerar el impacto en el ambiente y la sostenibilidad de los esquemas de producción en el tiempo. Esto ha generado una pérdida de la funcionalidad del sistema de producción, con énfasis en el deterioro en la calidad del suelo y en su biodiversidad biológica (Loredo *et al.*, 2009). Dibut (2009) indica que en el suelo existe una notable población microbiana, dentro de la que se encuentran los microorganismos benéficos; estos microorganismos, se encuentran normalmente distribuidos en el suelo, pero en poblaciones insuficientes (entre 10^3 - 10^4 células por gramo de suelo) como para provocar el efecto beneficioso deseado sobre las plantas; de aquí, la importancia de aumentar el número poblacional de estos (entre 10^6 - 10^8 células /gramo de suelo) en función de potenciar su efecto, dando lugar como actividad resultante a la elaboración de biofertilizantes y bioestimuladores del crecimiento y desarrollo vegetal. Biofertilizante es un producto que contiene uno o varios microorganismos del suelo y puede ser aplicado a la semilla o al suelo con el fin de incrementar su número, asociarse directa o indirectamente al sistema radical de las plantas, favorecer su interacción e incrementar el desarrollo vegetal y reproductivo de la planta huésped (Aguirre *et al.*, 2010). Los

primeros estudios con biofertilizantes en México en maíz, trigo, cebada, avena, sorgo, frijol y naranja, estuvieron a cargo del Programa Nacional de Biofertilizantes del gobierno Federal con apoyo del INIFAP. Los biofertilizantes reducen el uso fertilizantes minerales entre 20 y 40%, son de bajo costo, amigables con el ambiente y de fácil aplicación. Está demostrado que propician altos rendimientos en los cultivos cuando se combinan con algunas cantidades de otros fertilizantes, abonos orgánicos y abonos verdes (INIFAP, SAGARPA, Sin año). En el Valle del Yaqui, Sonora se está buscando dar auge a estos microorganismos, por lo que se está probando en diferentes cultivos. El objetivo del presente estudio fue evaluar la aplicación de biofertilizantes mediante la inoculación de *Glomus intraradices* y *Azospirillum brasilense* en el rendimiento de trigo, frijol, cártamo y el rendimiento acumulativo después de tres años de inoculación.

Materiales y Métodos

La evaluación se llevó a cabo en el Campo Experimental Norman E. Borlaug del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). En el ciclo agrícola otoño-invierno 2008-2009 se estableció el cultivo de trigo, el cultivo de frijol en el ciclo otoño-invierno 2010-2011 y después de la cosecha de este se estableció el cártamo. Se evaluaron los efectos simples y las interacciones entre el nitrógeno (N), el fósforo (P), *Glomus intraradices* (G), *Azospirillum brasilense* (A) y *Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense* (G+A) en el cultivo de trigo, frijol, cártamo y en el rendimiento acumulado de los tres cultivos después de tres ciclos de aplicación de biofertilizantes, se estableció un experimento factorial con tres repeticiones donde el factor uno correspondió a la dosis de nitrógeno establecida (0 y 200 kg ha⁻¹ en forma de urea para trigo y frijol; 0 y 300 kg ha⁻¹ para cártamo también en forma de urea), el factor dos correspondió a la dosis de fósforo aplicada (0 y 52 kg ha⁻¹ de P₂O₅ en forma de fosfato monoamónico para los tres cultivos) y en el factor tres a los tratamientos con biofertilizantes (Testigo (T), *Glomus intraradices* (G), *Azospirillum brasilense* (A) y *Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense* (G+A)). La fecha de siembra y el manejo agronómico de los cultivos se realizaron de acuerdo con las recomendaciones del INIFAP para la región, la parcela útil para trigo y cártamo fue de 2 surcos a 80 cm de separación y 30 de largo; para el frijol fueron 4 surcos de 5m de largo y con 80 cm de separación. Es importante mencionar que después de la cosecha de trigo el terreno no fue preparado y se reutilizó el mismo surco para la siembra de frijol y cártamo respectivamente. Para la prueba de rango múltiple se utilizó la prueba de tukey al 0.01 y 0.05 de probabilidad.

Resultados y Discusión

El cultivo de trigo y frijol reportaron diferencias significativas con las interacciones simples de nitrógeno (testigo vs aplicado), el frijol y el cártamo reportaron diferencias estadísticas al interaccionar la dosis de nitrógeno con el biofertilizante establecido (Cuadro 1). En el Cuadro 2 se reporta el rendimiento promedio de los tratamientos con fertilización nitrogenada.

Cuadro 1. Significancia (Fc) del cultivo de trigo, frijol, cártamo según la fertilización química, biofertilización e interacción entre fuentes. CENEB-INIFAP.

Cultivo	F calculada						
	Nitrógeno (A)	Fósforo (B)	Biofertilizante (C)	AB	AC	BC	ABC
Trigo	24.9*	2.38	0.52	0.75	1.76	0.74	0.72
DMS(Trigo)	0.73 [†]	NS [#]	NS	NS	NS	NS	NS
Frijol	1468**	0.93	5.41	0.78	3.93*	0.17	1.95
DMS(Frijol)	0.017 [‡]	NS	NS	NS	0.168 [†]	NS	NS
Cártamo	6.57	0.66	3.16	1.83	6.55*	0.64	0.31
DMS(Cártamo)	NS	NS	NS	NS	0.31 [‡]	NS	NS

**=altamente significativo, *=significativo, [‡]=tukey 0.01, [†]=tukey 0.05, [#]=no significativo.

Cuadro 2. Respuesta a la aplicación de nitrógeno en los cultivos de trigo, frijol y cártamo en el Valle del Yaqui, Sonora. CENEB-INIFAP.

Cultivo	Fertilización	
	sin N, sin P	con N, sin P
Trigo	6.869 b	7.625 a
Frijol	0.531 b	0.593 a
Cártamo	1.858 a	2.089 a

El rendimiento promedio de los tres cultivos se reporta en las Figuras 2, 3 y 4. Se encontró que el *Azospirillum* presentó mayor rendimiento que el *Glomus* y la mezcla *Glomus* + *Azospirillum*. La aplicación de *Azospirillum* en el cultivo de trigo reflejó mayor eficiencia en parcelas sin fertilizar, ya que aumentó un 10% el rendimiento respecto al testigo. En el cultivo de frijol se reportó mayor respuesta a la inoculación con *Glomus*, el rendimiento superó al testigo fertilizado y a la simbiosis doble de *Glomus* + *Azospirillum*. En el tratamiento fertilizado con nitrógeno, el rendimiento tendió a bajar significativamente cuando se inoculó con biofertilizante. El cultivo de cártamo presentó resultados muy contrastantes a los anteriores, ya que independientemente del biofertilizante aplicado los rendimientos tendieron a bajar a la inoculación con estos, no se encontró respuesta a la biofertilización ni a la fertilización química en las interacciones simples. En las interacciones compuestas se encontró que el rendimiento de cártamo aumenta significativamente con la fertilización nitrogenada, la inoculación con *Glomus* y la simbiosis doble de *Glomus* + *Azospirillum*, esta última interacción logró superar al testigo absoluto aunque solo en un 0.6%. La falta de respuesta de algunos cultivos a la aplicación o inoculación con biofertilizantes lleva a buscar posibles respuestas y recomendaciones para asegurar su éxito en evaluaciones futuras, para este caso destacan las siguientes: estudios conducidos por Planes-Leyva *et al.* (2004) reporta que la composición microbiológica de la rizosfera es muy distinta entre horizontes y entre cultivos, la disminución de microorganismos por gramo de suelo va desde 10 a más del 300% respecto a las bacterias y del 15 al 82% en el caso de los hongos para las profundidades de 0-30 y 30-60 respectivamente. Estos autores también lograron obtener un reporte de la cantidad total de microorganismos por gramo de suelo encontrados en la rizosfera según el cultivo, reportaron que los valores más altos de bacterias lo encontraron en la rizosfera del plátano (1.73×10^8 microorganismos/gr suelo) y los valores más bajos en la rizosfera del café (7×10^3 microorganismos/gr suelo). Los hongos presentaron poblaciones más similares entre los cultivos el valor promedio fue de 2.6×10^4 microorganismos/gr suelo con valores máximos y mínimos de 2.9×10^4 y 2.1×10^4 microorganismos/gr suelo respectivamente. Irizar *et al.* (2003) mencionan que es difícil que una misma cepa sea efectiva en todas las localidades y en todos los cultivos probados, lo recomendable es utilizarlas en la misma región donde fueron seleccionadas, considerando que dentro de una misma especie no todas las plantas reaccionan igual a la inoculación. Loredó *et al.* (2004) recabaron información de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal y citaron que estas se han logrado aislar en suelos donde predomina la vegetación de gramíneas, como pastos tropicales, pastos de zonas templadas, pastos de suelos salinos, pastizales de zonas áridas, así como gramíneas cultivadas, por lo que de no contar con cepas nativas sería recomendable utilizarlas de regiones similares a donde se utilizarán.

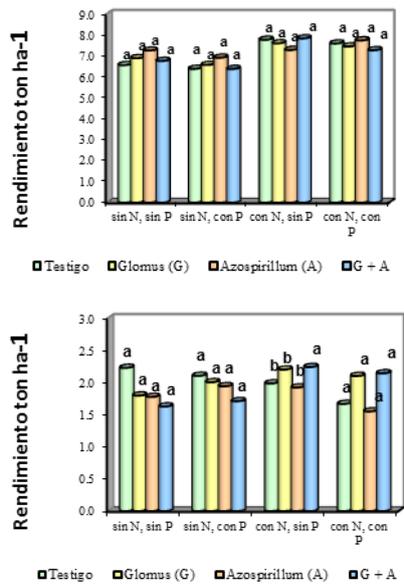


Figura 2. Efecto del *Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense* y la fertilización química sobre el rendimiento de trigo.

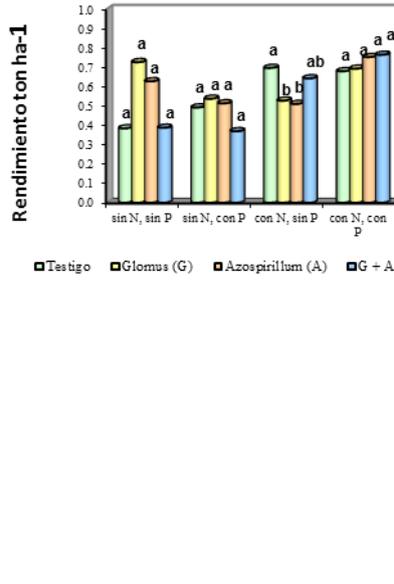


Figura 3. Efecto del *Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense* y la fertilización química sobre el rendimiento frijol.



Figura 4. Efecto del *Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense* y la fertilización química sobre el rendimiento de cártamo.

El estudio del rendimiento acumulado después de tres años del uso de biofertilizantes con la rotación trigo-frijol-cártamo reportó diferencias significativas según la dosis de nitrógeno empleada y al interaccionar la dosis de nitrógeno con el biofertilizante (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable rendimiento acumulado de grano en cultivo de trigo-frijol-cártamo. Valle del Yaqui, Sonora.

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F calculada	Probabilidad
Repetición	2	0.112	0.056	0.2009	
A (Nitrógeno)	1	14.119	14.119	50.5309	0.0192
Error	2	0.559	0.279	0.0000	
B (Fósforo)	1	0.690	0.690	4.3561	0.1052
AB	1	0.015	0.015	0.0958	
Error	4	0.633	0.158		
C (Biofertilizante)	3	0.376	0.125	0.5101	
AC	3	3.266	1.089	4.4305	0.0129
BC	3	0.346	0.115	0.4692	
ABC	3	0.417	0.139	0.5663	
Error	24	5.896	0.246		
Total	47	26.429			

Coefficiente de variación= 5.13

El valor promedio de los tratamientos para la variable rendimiento acumulado, se reporta en el Cuadro 4. Respecto al testigo absoluto (sin biofertilizante y sin fertilización química), la fertilización con nitrógeno aumentó en un 11.6% el rendimiento acumulado de trigo-frijol-cártamo, caso contrario con fósforo que la fertilización con 52 unidades de este elemento disminuyó en un 3% el rendimiento acumulado. Para el caso de los biofertilizantes, el mayor rendimiento se reportó en los tratamientos inoculados con *Azospirillum brasilense*, en donde se incrementó en un 5.3% el rendimiento. La interacción que reportó el mayor rendimiento fue la de (*Glomus*+*Azospirillum*) con N y sin P, en donde se observó un aumento del 11.9% respecto al testigo absoluto. La aplicación de fertilización química con NP reportó aumento del 2.9% respecto a la parcela inoculada solo con *Azospirillum*. El tratamiento sin N, con P reportó su mayor rendimiento al inocular con *Azospirillum*, caso contrario al tratamiento con N, sin P ya que este reportó su menor rendimiento en donde se inoculó con la bacteria estos resultados los explica claramente Aguirre (2009) y Loredó *et al.* (2009) los investigadores

reportaron que cuando en el suelo hay alta disponibilidad de nitrógeno (ya sea residual o por fertilización) los microorganismos no fijan el atmosférico ya que toman el disponible en el suelo y el proceso simbiótico no se establece, en estos casos se recomienda aplicar únicamente el hongo, ya que la mayor respuesta al uso de biofertilizantes se reportó en suelos con cero fertilización o fertilizado en dosis pequeñas.

Cuadro 4. Efecto de la biofertilización con *Glomus intraradices*, *Azospirillum brasilense* y la fertilización nitrofosfatada sobre el rendimiento acumulado de trigo-frijol-cártamo. CENEB-INIFAP.

Biofertilizante	Fertilización				Media
	sin N, sin P	sin N, con P	con N, sin P	con N, con P	
Testigo	9.173	8.981	10.456 a[†]	9.942	9.638
<i>Glomus</i> (G)	9.419	9.114	10.329 a [†]	10.246	9.777
<i>Azospirillum</i> (A)	9.663	9.374	9.721 b [†]	10.041	9.700
G+A	8.776	8.461	10.722 a [†]	10.182	9.535
Media	9.258 b[†]	8.983	10.307 a[†]	10.103	

[†]Tukey (nitrógeno) 0.05= 0.65; [‡]Tukey (nitrógeno+biofertilizante) 0.05= 0.59

Conclusiones

En forma general se concluye que una mayor dosis de nitrógeno elevó el rendimiento por sí sola y, la aplicación de fósforo no elevó el rendimiento. Respecto a los biofertilizantes, después de tres años de evaluación se puede concluir lo siguiente:

- Se observa respuesta a la aplicación de biofertilizantes (hongo y bacteria) cuando no hay fertilización química, la mayor respuesta fue con el *Azospirillum brasilense*.
- La simbiosis doble (*Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense*) disminuye el rendimiento cuando no hay fertilización química.
- La mayor respuesta del *Azospirillum brasilense* se da en ausencia de fertilizante nitrogenado.

Literatura Citada

- Aguirre, M.J.F., Irizar, G.M.B., Durán, P.A., Grageda, C.O., Peña del R.M de los A., Loredó, O.C. y Gutiérrez, B.A. 2010. Los Biofertilizantes microbianos: alternativa para la agricultura en México. Segunda edición. Folleto Técnico No. 5. Centro de Investigación Regional Pacífico-Sur-INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas, México. 68 p.
- Cortés J.J.M. 2000. Efectividad biológica de *Azospirillum* y Micorrizas como biofertilizantes para el suministro de NP en el cultivo de trigo. Informe técnico. Campo Experimental Valle del Yaqui-CIRNO-INIFAP. 9 p.
- Cortés, J.J.M., Ruíz, V.T de J., y Ortiz, A.A.A.2010. Efecto de abonos verdes e inoculación con *Glomus intraradices* sobre el rendimiento y la calidad de trigo, en el Valle del Yaqui, Sonora. Memoria del XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja, California, México. pp. 650-655
- Dibut, A.B. 2009. Biofertilizantes como insumos en agricultura sostenible. La Habana, Cuba. Editorial Universitaria, 113 p.
- García de Salamone, I.E., J. Döbereiner, S. Urquiaga y R.M. Boddey. 1996. Biological nitrogen fixation in *Azospirillum* strain-maize genotype associations as evaluated by the 15N isotope dilution technique. Biol. Fert. Soil 23:249-256.
- INIFAP, SAGARPA. Sin año. Tecnología de mitigación. Bio-fertilizantes. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/cambioclimatico/Tecnolog%C3%ADas%20de%20mitigaci%C3%B3n.pdf> (Visitado 15 de Agosto de 2011).
- Irizar, G.M.B., Vargas, V.P., Garza, G.D., Tut y Couch. C., Rojas, M.I., García, S.I., Aguirre, M.D., Martínez. G.J.C., Alvarado, M.S., Grageda, C.O., Valero, G.J. y Aguirre, M.J.F. 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la Región Central de México. Agricultura Técnica en México. Vol.29. No. 2, pp. 213-225.

- Loredo, O.C., López, R.L. y Espinosa, V.D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 22, Núm. 2, pp. 225-239.
- Loredo, O.C., Beltrán, L.S., y Peña del Rio M.A. 2009. Importancia de las bacterias promotoras del crecimiento vegetal en la producción de cultivos. Memoria del Primer Simposium Internacional de Agricultura Ecológica. Cd. Obregón, Sonora, México, pp. 14-22
- Planes-Leyva, M., Utria-Borges, E., Calderón-Agüero, J.O., Terry-Lamothe, A.O., Figueroa-Santana, I. y Lores, A. 2004. La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. *Revista Chapingo, serie horticultura*. 10(1):5-10.
- Ruiz. V.T de J., Cortés, J.J.M. y Ortiz, A.A.A. 2010. Labranza, fertilización orgánica e inoculación con *Glomus Intraradices* y su efecto sobre el rendimiento y la calidad de trigo en el Valle del Yaqui, Sonora. Memoria del XXXV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo y XIII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, Baja, California, México. pp. 363-368.
- Smith, K.P. y R. Goodman. 1999. Host variation for interactions with beneficial plant-associated microbes. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37: 473-491.

PRODUCCION DE MELON BAJO RIEGO POR CINTILLA ABONADO CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO

Luna Anguiano Jesús^{1*}, Cirilo Vázquez Vázquez², Shesareli Sarai Mendoza Retana³, Magdalena Galindo Guzman³, Rosa Isela Ramírez Chávez³, Juan Carlos Colchado Arciniega⁴.

¹Alumno de Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, UJED. E-mail.

maestrillo14@hotmail.com, ²Profesor investigador del posgrado de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, UJED. ³⁴Alumnos de Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable y licenciatura de la FAZ.

Resumen

La producción hortofrutícola en México se ha mantenido como una industria competitiva a nivel mundial durante los últimos años, esta ocupa el 3% de la superficie sembrada en México. En la Comarca Lagunera los principales cultivos son la alfalfa con la mayor superficie (45,000 has), seguido por maíz y sorgo con 18,000 has, en las hortalizas se encuentran los productos que ocupan el 60% de la tendencia exportable, donde el melón (*Cucumis melo* L.) ocupa el 9.7%; tan solo en el 2006 se cosecharon 120,501 toneladas. La investigación se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), los factores de estudio fueron: A: híbrido crusier y B: tratamientos de estiércol (0, 20, 40, 60) y un testigo con la fertilización química, se estableció un diseño de bloques al azar con tres repeticiones con el objetivo de determinar el mejor nivel de estiércol solarizado para la producción y calidad del melón bajo riego por cintilla en comparación con el cultivo convencional. Los resultados mostraron diferencia estadística en el rendimiento entre los tratamientos de estiércol con una $p > F$ de 0.0001, superando el químico a todas las dosis de estiércol, el pH mostró diferencia estadística en la profundidad de 30 a 60 cm y la CE mostró una $p > F$ de 0.0001 donde el valor mayor correspondió a la mayor dosis de estiércol y la materia orgánica se encontró en mayor porcentaje a profundidad de 0 a 15 cm.

Palabras Clave: Híbrido, Rendimiento, Tratamientos de estiércol.

Abstract

Fruit Horticulture production in Mexico has remained a globally competitive industry in recent years, this takes 3% of surface sown in Mexico, in the Region Laguna main crops are alfalfa with the largest area (45,000 ha), followed by maize and sorghum with 18,000 hectares, in vegetables are the products that occupy 60% of the export trend, where the melon (*Cucumis melo* L.) occupies 9.7%, only in 2006 were harvested 120,501 tons. The research was conducted in the agricultural experimental of Facultad de Agricultura y Zootecnia, Division de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), the factors studied were: A: Hybrid crusier and B: treatment of manure (0, 20, 40, 60) and a control with mineral fertilization, established a randomized block design with three replications in order to determine the best level of manure solarized for melon production and quality under irrigation compared with the streak conventional farming. The results showed statistical difference in performance between the treatments of manure with a $p > F$ of 0.0001, over coming the mineral at all doses of manure, the pH showed statistical deference in the depth of 30 to 60 cm and showed a CE $p > F$ of 0.0001 where the highest value corresponded to the highest dose of manure and organic matter was found in highest percentage depth of 0 to 15 cm.

Keywords: Hybrid, Yield, Manure treatments.

Introducción

La producción hortofrutícola en México se ha mantenido como una industria competitiva a nivel mundial durante los últimos años. La superficie nacional dedica a los cultivos agrícolas asciende a más de 20 millones de hectárea, de la cual el 3% se dedica a hortalizas, entre ellas se encuentran las cucurbitáceas ocupando los primeros lugares de producción y expectación. En México durante el periodo 1970-2001 la superficie cosechada promedio durante este periodo fue de 27,062 ha anuales con un rendimiento de 14 ton ha⁻¹ y una producción de 378,407 toneladas. De esta producción aproximadamente el 70% corresponde al melón tipo cantaloupe, también conocido como melón chino, rugoso o reticulado. De acuerdo con la SAGARPA en la Comarca Lagunera los principales cultivos

forrajeros son la alfalfa con la mayor superficie (45,000 has), seguido por maíz y sorgo con 18,000 has. Dentro de las hortalizas se encuentran los productos que ocupan el 60% de la tendencia exportable donde el tomate (*Lycopersicon esculentum* mill) ocupa el 30.2%, el pepino (*Cucumis sativus* L.) 11.2.5, sandía (*Citrullus vulgaris* Scharad) 9.7% y el melón (*Cucumis melo* L.) 9.7% (SAGAR, 2000) citado por Padilla et al (2006). En el 2005 en México el principal productor de melón fue Oaxaca con una producción 17,930.25 toneladas en una superficie cosechada de 1,447.00 hectáreas en el mismo año, en segundo lugar Tamaulipas con producciones en el 2005 de 9,796.00 toneladas con una superficie total de 375.00 hectáreas totales, seguido en tercer lugar por el estado de sonora con una superficie de 270.00 hectáreas obteniendo una producción de 6,480.00 toneladas en ese mismo año, otro importante productor de melón es Veracruz con producciones de 300.00 hectáreas en una superficie de 30 ha. (SIAP, 2011) y en la Comarca Lagunera se sembraron 4,685 has de melón y la producción fue de 120,501 ton en el año 2006 (SAGARPA, 2007). Otro punto favorable para la producción del melón es el clima en la región ya que es favorable para su desarrollo. Los factores climáticos como son las altas temperaturas durante la época de producción de hasta 42° C, la ausencia de lluvias que favorece a la no aparición de enfermedades, alta luminosidad de entre 13 y 14 horas al día y una buena calidad de suelos. Por otra parte está demostrado y reconocido, el efecto de diferentes microorganismos del suelo como alternativa para la nutrición de las plantas, dentro del actual contexto agrícola mundial, y formando parte inseparable de las diferentes formas y métodos de la agricultura Sustentable. Debido a lo anterior se realizó un estudio usando diferentes dosis de estiércol solarizado como abono, en comparación con el sistema tradicional de fertilización del cultivo, con el objetivo de determinar el mejor nivel de estiércol solarizado para la producción y calidad del melón bajo riego por cintilla en comparación con el cultivo convencional.

Materiales y Métodos

Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia en la División de Estudios de Posgrado de UJED., Ubicado en el kilómetro 30 de la carretera Gómez Palacio -Tlahualilo en el ejido Venecia, Dgo. Se localiza geográficamente a los 25°46'56" de latitud norte y 103°21'02" de longitud oeste a una altitud sobre el nivel del mar de 1,110 m.

Establecimiento y conducción del experimento

Se realizó una preparación de suelo convencional que consistió en: Un barbecho a 30 cm de profundidad, un rastreo, un empareje y la construcción de las camas meloneras y la aplicación del estiércol se realizó un mes antes del trasplante, los factores en estudio fueron:

Factor A= A1= Híbrido Crusier

Factor B= B1= 0 (testigo), B2=20 t ha⁻¹, B3=40 t ha⁻¹, B4= 60 t ha⁻¹, B5= F.Q. (140-80-00).

Diseño del experimento

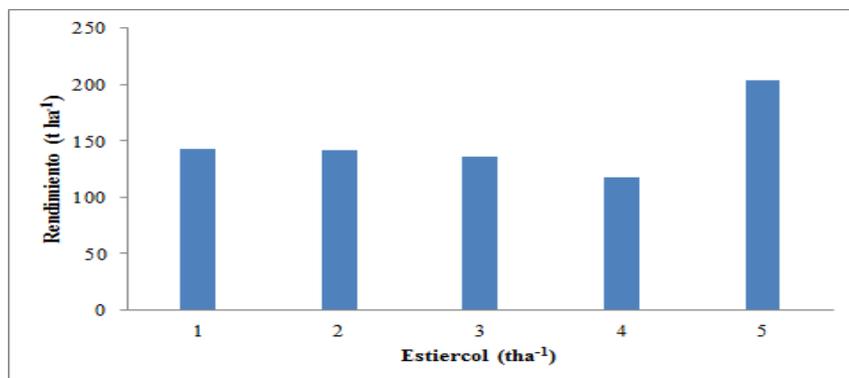
El diseño experimental empleado fue bloques al azar con tres repeticiones, donde cada unidad experimental midió 5.4 m de ancho por 3 m de largo, teniendo una área total de parcela experimental que midió 243 m². Se utilizó el híbrido Crusier, trasplantando el día 20 de mayo del 2010, con distancias de 1.8 m entre camas y 0.40 m entre plantas para obtener una densidad de siembra de 13,890 plantas ha⁻¹. Se utilizó un riego por cintilla. Las variables a evaluar fueron las siguientes: rendimiento, grados brix, materia orgánica del suelo, conductividad eléctrica y potencial hidrogeno. El análisis estadístico utilizado para la interpretación de los resultados fue el sistema de análisis estadístico SAS (1996).

Resultados y Discusión

Rendimiento

Se realizó entre los 80 y 85 días después del trasplante, los frutos fueron cosechados cuando adquirieron un color beige con la red bien formada y que se desprendía con facilidad de la planta. Otro indicador es el doblamiento del pedúnculo que une al tallo con el fruto, esta se recomienda que sea por las tardes o muy temprano para evitar las temperaturas elevadas del día. Se recolectó de manera manual con carretilla para sacarlo del predio hasta el lugar donde se midieron las variables descritas en los materiales y métodos. El análisis de varianza para el rendimiento mostró una diferencia estadística

de 0.0001 entre tratamientos de estiércol, donde la mayor producción (Figura 1) la obtuvo el tratamiento (t5) que corresponde a la fertilización química, con una producción promedio de los 7 cortes de 203.94 t ha^{-1} , seguido del testigo con 142.91 t ha^{-1} , y las dosis de 20, 40 y 60 con 141.64, 136.18 y 117.85 t ha^{-1} respectivamente, los cuales mostraron una DMS de 18.66.



*T5= 140-80-00

Figura 1. Rendimiento del melón entre tratamientos de estiércol. CAE-DEP- FAZ –UJED.2010.

Grados brix

En el siguiente cuadro se presenta el anova realizado para la determinación de los grados brix donde no se encontró diferencias estadísticas entre los tratamientos.

Cuadro 1. Análisis de varianza para grado Brix en el cultivo de melón con diferentes dosis de estiércol solarizado en C.A.E. FAZ-UJED 2010.

Fuente	G.L	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
Repetición	2	2.28400	1.14200	2.98	0.1081
Tratamiento	4	2.98266	0.74566	1.94	0.1966 N.S.
Error	8	3.06933	0.38366		
Total	14	8.33600			

N.S.= No Significativo

Potencial de Hidrógeno en el suelo (pH)

El análisis de varianza para esta variable mostró una $pr > F$ de 0.0001 para las profundidades pero no entre los tratamientos de estiércol, donde la prueba de medias indicó una diferencia estadística entre la profundidad de 30 a 60 cm con un valor de 7.95 con respecto a las profundidades de 0 a 15 y 15 a 30 cm que estadísticamente fueron iguales con valores de 8.05 y 8.1 respectivamente.

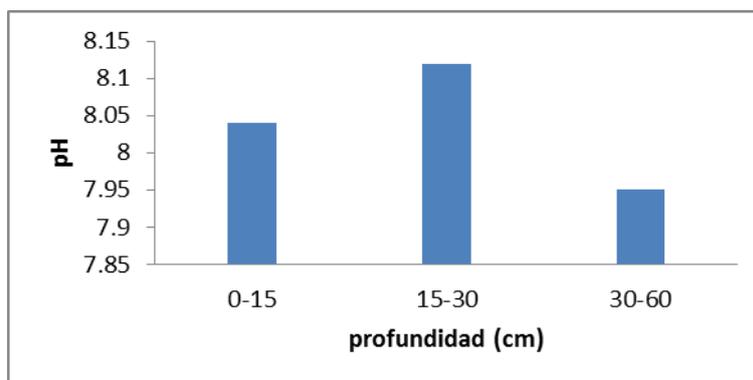
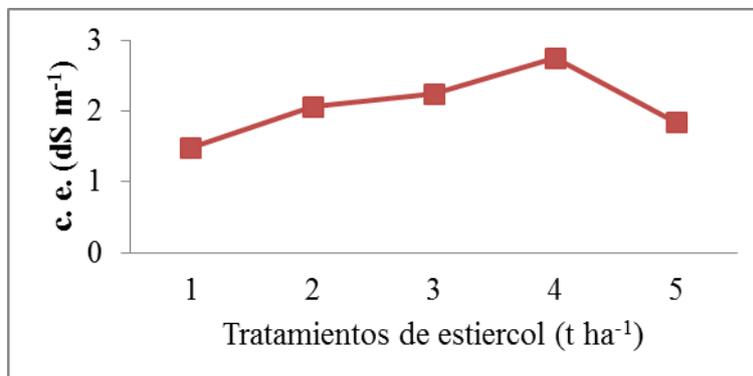


Figura 1. pH del suelo en el cultivo de melón en tres profundidades. CAE-DEP- FAZ –UJED.2010.

Conductividad Eléctrica del Suelo (CE)

La CE del suelo entre profundidades no mostró diferencia estadística, esto pudiera deberse a las profundidades o estratos pequeños con que se está trabajando, sin embargo entre tratamientos ésta

mostró una $pr > F$ de 0.0001 obteniendo el valor más alto la dosis de 60 t ha^{-1} de estiércol (Figura 2) con un valor de 2.75 dS m^{-1} , el valor menor lo reportó el testigo sin aplicación con 1.48 dS m^{-1} , sin embargo todos los tratamientos estercolados fueron mayor a la fertilización química que alcanzó 1.83 dS m^{-1} , la prueba de medias mediante DMS fue 0.24. Este aumento en la CE de los tratamientos estercolados se debe a la cantidad de sales que contienen los estiércoles, Núñez *et al.* (2005) reporta que cada tonelada de estiércol tiene en promedio 50 kg de sal.

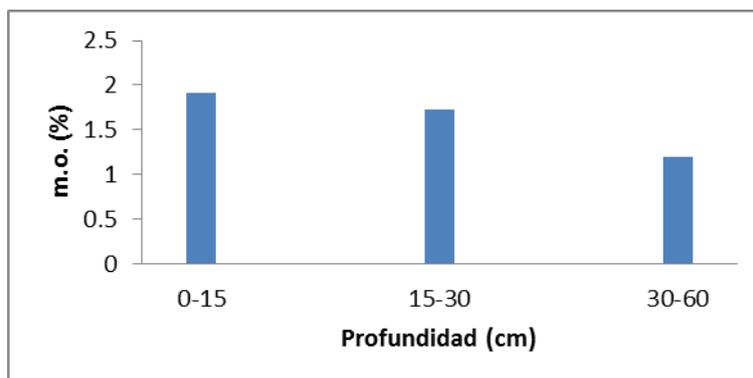


*T5= 140-80-00

Figura 1. Conductividad Eléctrica en el cultivo del melón entre tratamientos de estiércol. CAE-DEP- FAZ –UJED.2010.

Materia Orgánica del suelo (MO)

El anova no reportó diferencia estadística entre tratamientos, pero sí entre profundidades donde se encontró una $pr > F$ de 0.0001 donde la comparación de medias mostró una DMS de 0.24, mostrando como mayor contenido de MO a la profundidad de 0 a 15 cm. Figura 3, seguido por la profundidad de 15 a 30 cm y la profundidad de 30 a 60 cm que reportó el porcentaje más bajo de MO; sin embargo ya que el resto de estiércol que quedó en el suelo se está descomponiendo aún cuando ya no exista cultivo, es importante evaluar el trabajo por lo menos otro ciclo para corroborar el comportamiento de la materia orgánica no solo entre profundidades puesto que para la aplicación de este en el ciclo siguiente pudiera encontrarse un cambio también entre tratamientos, según lo reportan algunas investigaciones.



*T5= 140-80-00

Figura 1. M.O del suelo en el cultivo de melón en tres profundidades. CAE-DEP- FAZ –UJED.2010.

Conclusiones

Se recomienda realizar nuevamente el estudio por uno o dos ciclos más para corroborar la tendencia de los abonos y el comportamiento del químico.

Monitorear la CE ya que se incrementan los valores de ésta a medida que se incrementa la dosis de estiércol. La mayor concentración de materia orgánica se encuentra en los primeros 15 cm, sin embargo esto no fue significativo entre los tratamientos de estiércol para el primer ciclo.

Literatura Citada.

- Puentes Gutiérrez J. 2008. Producción orgánica de melón (*Cucumis melo L.*) bajo riego por cintilla.
- SAS Institute Inc., (1996). SAS for Windows. Release 6-12 version 4.0.1111. SAS compus drive. North. Carolina. U.S.A.
- SAGARPA. 2007. Región lagunera. www.Sagarpa.com
- SAGAR. 2000. citado por padilla et al., 2006. Efecto de biofertilizantes en cultivo de melón con acolchado plástico. Revista Fitotecnia. México. Vol. 29 (4) p 321-329. Chapingo. México
- Antúnez, A. et al., 2008. Hortalizas y flores. INIA tierra adentro. Riego por goteo en cultivo de melón.
- Eroski, 2007. <http://Frutas.consumer.es/index.php>.
- Espejo, J. A., y González, J. L., 1993; Tejada, M. et al. 1995. citado por Segura, M. L. et al., 1999. Abonos orgánicos en horticultura intensiva.
- Hernández, L. G. 2011. Resumen económico Comarca Lagunera 2010, suplemento especial. El Siglo de Torreón. Editado e impreso por la Cía. Editora de la Laguna S.A. de C.V. Av. Matamoros, · 1056 Pte. En Torreón, Coah. pp 24.
- <http://apps.fao.org/faostat>
- SAGARPA. 2007. Región Lagunera. www.sagarpa.com
- www.harrismoran.com.mx
- www.infoagro.com/frutas/frutastradicionales/melon.asp.aok
- www.infoagro.com/frutastradicionales/melon.htm
- www.infoserca.gob.mx.2010
- www.siap.sagarpa.gob.mx
- www.susquilanda.com

EFECTO DE ABONOS ORGANICOS EN CARACTERISTICAS FENOLOGICAS Y CALIDAD EN MAIZ FORRAJERO

López-Martínez JD¹, Martínez-Parada PE¹

¹Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Postgrado, Apartado Postal 142, CP 35000. Gómez Palacio, Durango, México. e-mail: jose_dimaslopez@hotmail.com.

Resumen

La Región Lagunera, es una de las principales cuencas lecheras del país, la cual es cada vez más importante debido a un aumento en la población de ganado lechero. Este aumento, que también se da en el nivel productivo de los animales también incrementa el consumo de alimento y los requerimientos nutricionales. Lo anterior ha impactado en la demanda de forrajes, así como de otras fuentes alternativas de alimentos. El presente trabajo tuvo como objetivo utilizar estiércol de bovino y como testigo fertilización inorgánica para evaluar su comportamiento en características fenológicas y calidad del forraje. El trabajo se efectuó en el verano del 2010 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Se sembró maíz variedad S-806 bajo siete tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño bloques al azar con las siguientes dosis: 80, 120, 160, 200, 240 kg N; 120-80-00, 240-80-00 NPK, los primeros cinco tratamientos suplementados con estiércol bovino. Se evaluaron características fenológicas y calidad en forraje verde. Los resultados indican que existe diferencia significativa para fenología de planta; no existiendo diferencia en calidad del forraje.

Palabras clave: *Estiércol bovino, fertilización inorgánico, fenología de la planta.*

Introducción

Los abonos orgánicos pueden mejorar las propiedades del suelo y si se utilizan correctamente, también pueden incrementar los rendimientos y la calidad de las cosechas. Así mismo, a pesar de que su contenido de nutrimentos, generalmente es menos concentrado que los fertilizantes químicos, constituyen una fuente óptima de reutilización de cierta parte de nutrimentos que ya fueron absorbidos por la planta (Yagodin, 1982). Los productores que disponen del estiércol muchas veces lo utilizan de una manera irracional aplicando dosis altas de 200 a 250 toneladas por año, lo cual conlleva a una degradación del suelo. Los principales problemas con respecto al estiércol son: falta de conocimiento técnico para aprovechar los residuos de estiércoles, falta de dosificación adecuada, desconocimiento técnico sobre el efecto de la aplicación continua de los estiércoles al suelo, así como también el grado de biodegradación a través del tiempo y su impacto en la planta (Vázquez, 2003). Por su parte Tisdale y Nelson (1982) mencionan que los abonos orgánicos no solo mejoran las condiciones de acidez de los sustratos, sino que aportan una cantidad importante de nutrimentos y una reducción en los costos de producción.

La producción de maíz para ensilaje, se enfoca a la mayor producción de materia seca y nutrimentos digestibles por hectárea (Di Nucci *et al.*, 2001). Un típico ensilado de maíz contiene: 30% de materia seca, 11% de energía metabolizable, 8.5% de proteína cruda y 71% de digestibilidad de la materia seca (Wadsworth, 2002). En México se cultivan aproximadamente ocho millones de hectáreas, con un rendimiento promedio de 2,300 kg. ha⁻¹. Estos bajos rendimientos, se deben entre otros factores, a que la mayor parte de las superficies donde se cultiva, es escasa la precipitación y es limitado por las condiciones micro climáticas de la región. Sin embargo, debido a su gran potencial de productividad, el maíz ha sido cultivado en diferentes tipos de clima, pero por su origen tropical, es todavía de gran importancia para entender el comportamiento agronómico de la planta (Duncan, 1975).

Los objetivos del trabajo fueron 1) Evaluar fertilización orgánica e inorgánica sobre características fenológicas en planta y 2) determinar el efecto sobre calidad de forraje.

Materiales y Métodos

El trabajo se desarrolló en el verano del 2010 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicada en el kilómetro 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango,

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

México. Según la clasificación de Köppen (Vázquez, 2003), el clima es de tipo seco desértico con precipitación media anual de 242.8 mm, la temperatura media anual es de 20.9° C. La siembra se realizó en el ciclo agrícola primavera - verano del año 2010. Se utilizó una distancia entre surcos de 0,70 m y 0,15 m entre plantas, con una densidad de población de 163 240 plantas por hectárea, la variedad que se utilizó fue la S-806, genotipo de reconocido potencial forrajero. Se realizaron las siguientes actividades: barbecho a 30 centímetros de profundidad, incorporación de fertilización orgánica (dosis de estiércol) e inorgánica (fertilización química), paso de rastra para su incorporación, riego de aniego rastro en húmedo y finalmente la siembra. Se aplicó un riego de aniego en la última semana del mes de marzo, más cuatro riegos de auxilio, a los 38, 64, 84 y 108 días después de la siembra, con láminas de agua de 20, 12, 12, y 12 cm respectivamente. Se establecieron siete tratamientos con las siguientes dosis: T1 = 80 kg N; T2 = 120 kg N; T3 = 160 kg N; T4 = 200 kg N; T5 = 240 kg N; T6 = 120-80-00 N T7 = 240-80-00 NPK, los primeros cinco tratamientos fueron suplementados con estiércol bovino y los dos últimos con urea (46-00-00) y MAP (11-52-00). Se evaluaron: características fenológicas (altura de planta, área foliar y diámetro de tallo) y calidad de forraje: Fibra Neutra Detergente (FND) y Proteína Cruda (PC). Los tratamientos en el campo fueron establecidos en un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones

Resultados y Discusión

Variabes evaluadas en planta.

Los valores relevantes en altura de planta los observamos con una mejor respuesta en los tratamientos orgánicos como son el tratamiento T1 y el T4 con alturas de 3.2 y 3.0 metros. Superando a los tratamientos químicos, observándose estos resultados en el Cuadro 1. Con respecto a esta variable se realizaron cuatro muestreos de altura de planta durante el ciclo del cultivo, en los días julianos 139 (20-mayo-10), 157 (07-junio-10), 170 (20-junio-10), 187 (07-julio-10), para cada unidad experimental.

Cuadro 1. Efectos estadísticos y comparación de medias de altura de planta (m) en el cultivo de maíz forrajero. Venecia, Dgo. México. 2010.

Tratamientos	Muestreos			
	1	2	3	4
T-AO				
1	0.1550a (3)	0.4050a (3)	1.2925a (4)	3.240a (1)
2	0.1550a (2)	0.3775ab (4)	1.2875a (3)	3.072ab (4)
3	0.1550a (4)	0.3525ab (2)	1.2850a (1)	3.022ab (3)
4	0.1525a (1)	0.3525ab (1)	1.1875ab (2)	2.927abc (2)
5	0.1450ab (5)	0.3175b (6)	0.9900ab (6)	2.665abc (6)
T-AQ				
6	0.1450ab (6)	0.3000b (7)	0.9550ab (5)	2.650bc (5)
7	0.1050b (7)	0.3000b (5)	0.8425b (7)	2.380c (7)
C.V. %	19.14	14.24	20.14	12.35

NS = no significancia estadística al 0.05

Para área foliar el muestreo fue al final del experimento el 31 de julio 2010 utilizando un medidor de área foliar modelo LI – 3 100, obteniendo lecturas en cm², en la que mediante un análisis de varianza y una prueba de medias encontramos que no existió diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo el tratamiento T4 suplementado con abono orgánico (27.25 cm²), presentó la mejor respuesta, seguido en eficiencia por los tratamientos T2 y T3 con (26.75; 26.25 cm²) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Análisis de varianza para área foliar en el cultivo de maíz forrajero. Venecia, Dgo. México. 2010.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Modelo	9	297.2500000	33.0277778	1.37	0.2736
Error	18	435.4285714	24.1904762		
Total	27	732.6785714			

R² = 0.405703

C.V. = 19.58957

Para la variable de diámetro de tallo se encontró diferencia significativa para las mismas fechas registradas en altura de planta. Observando mejor respuesta en los tratamientos T3 y T4 reflejando el mayor diámetro de tallo (4.9; 4.8 centímetros), en la última fecha (7-julio-10) no existe diferencia significativa conservando los tratamientos T1 y T4 suplementados con abono orgánico los valores más altos superando a los tratamientos suplementados con abono inorgánico T6 y T7 como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Efectos estadísticos y comparación de medias de diámetro de tallo (cm) en el cultivo de maíz forrajero. Venecia, Dgo. México. 2010.

Tratamientos	Muestras			
	1	2	3	4
T-AO				
1	0.54a(7)	3.1a(4)	4.9a(3)	NS
2	0.52ab(4)	3.0a(3)	4.8a(4)	NS
3	0.51ab(3)	2.9ab(1)	4.7a(1)	NS
4	0.50ab(2)	2.7abc(2)	4.5ab(2)	NS
5	0.49ab(1)	2.6abc(6)	4.4ab(5)	NS
T-AQ				
6	0.49ab(5)	2.4bc(5)	4.1ab(6)	NS
7	0.46b(6)	2.4c(7)	3.9b(7)	NS
C.V. %	9.23	11.64	11.42	7.87

NS = no significancia estadística al 0.05

Calidad del forraje.

Al final del experimento el 31 de julio 2010, al corte se realizaron determinaciones de contenidos de Fibra Neutra Detergente (FND) y Proteína Cruda (PC). Las muestras fueron enviadas y analizadas en los laboratorios de nutrición vegetal de la UNAANUL y los resultados interpretados con un análisis de varianza y una prueba de medias. No existió diferencia significativa para ninguno de los tratamientos, sin embargo el valor más bajo de (FND) con un 59.5% correspondió al tratamiento T7 y el más alto lo tiene el tratamiento T4 con 63.7 % suplementados con abono orgánico, estos resultados los podemos observar en el Cuadro 4. Para la segunda los resultados no reportaron diferencia significativa para tratamientos, sin embargo los valores observados se encuentran entre los óptimos de 8.0 y 8.6% de proteína cruda como se observa en el Cuadro 5.

Cuadro 4. Análisis de varianza para fibra neutro detergente (%) en el cultivo de maíz forrajero. Venecia, Dgo. México. 2010.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Modelo	9	1353.107143	150.345238	5.43	0.0011
Error	18	498.142857	27.674603		
Total	27	1851.250000			

R² = 0.730915

C.V. = 8.588842

Cuadro 5. Análisis de varianza para proteína cruda (%) en el cultivo de maíz forrajero. Venecia, Dgo. México. 2010.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
Modelo	9	5.41857143	0.60206349	0.52	0.8382
Error	18	20.66857143	1.14825397		
Total	27	26.08714286			

R² = 0.207710 C.V. = 12.72428

Conclusiones

En relación con las variables evaluadas en planta se observó que en la altura de planta se tuvo una mejor respuesta con los tratamientos orgánicos T1 y T4. El mejor comportamiento para área foliar se obtuvo con el tratamiento T4 suplementado con abono orgánico. En lo referente a diámetro de tallo no se presentaron diferencias significativas para la última fecha, sin embargo los tratamientos T1 y T4 suplementados con abono orgánico fueron los de mejor comportamiento. En lo referente a la calidad del forraje no se encontró diferencia significativa para ninguno de los tratamientos en las dos variables evaluadas (PC y FND), obteniendo valores que se encuentran dentro de los normales. También se concluyó que los tratamientos orgánicos favorece la estructura de la planta no afectan los parámetros bromatológicos.

Literatura citada

- Di Nucci, De B. E. y M. G. Díaz. 2001. producción y calidad de híbridos de maíz destinados para silaje. INTA EEA Paraná. <http://www.inta.edu.gob>.
- Duncan, W.G. 1975. Maize. In: Crop physiology, pp. 23-50, Evans, L.T., ed. Cambridge University press, London.
- Tisdale y Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial UTEHA. México. D.F. P. 760.
- Vázquez A. R. E. 2003. Uso y manejo de estiércoles, Capítulo V, Abonos Orgánicos y Platicultura/ edit...Enrique Salazar Sosa, M. Fortis H., A. Vázquez A. Y C. Vázquez V. Gómez Palacio, México, Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, COCyTED 2003.
- Wadsworth, G. 2002. Forage maize fertilizer requirements. <http://www.pda.org.uk/leaflet/17/leaflet17-1htm.l>
- Yagodin B. A. 1982. Agroquímica II. Editorial Mir. URSS pp 464.

PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO ABONADO CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO

Trejo-Escareño Héctor Idilio¹, Salazar-Sosa Enrique^{1,2}, López-Martínez José Dimas¹

¹Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, idilio72@yahoo.com.mx, ²Instituto Tecnológico de Torreón

Resumen

El presente trabajo se realizó en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, en el ciclo primavera-verano de los años 2007 y 2008, los factores de estudio fueron densidad de siembra (A1=67,000, A2=88,800 p ha⁻¹) y tratamientos de estiércol bovino solarizado (0, 40, 80, 120) y tratamiento químico de 150-150-00, el objetivo del trabajo fue determinar el mejor tratamiento de estiércol en la producción de forraje de maíz con el enfoque orgánico. Los resultados muestran que en producción de forraje verde y seco el mejor tratamiento fue el de 120 t ha⁻¹ de estiércol en los dos años con 69.75 y 73.5 t ha⁻¹ de forraje verde y 18.56 y 16.8 t ha⁻¹ de materia seca, este mismo tratamiento fue mejor con respecto a peso de mazorcas y semilla, pero en número de mazorcas el mejor fue el de 80 t ha⁻¹. Con respecto al suelo el tratamiento que muestra mayor MO, nitratos y amonio es el de 120 t ha⁻¹ con valores de 3%, 230 ppm y 25 ppm respectivamente en el 2008, y en el 2007 el pH y la CE fueron mayores en este mismo tratamiento con 8.4 y 4 dS m⁻¹, respectivamente.

Palabras clave: *estiércol, bovino, maíz*

Abstract

This work was performed at the experimental field of the Agriculture and Animal Science Collage of Durango State Juarez University of Mexico, during the spring and summer of 2007 and 2008 years. The study factors were crop density (A1 = 67.000, and A2 = 88.800 ha⁻¹) and solarized cattle manure treatments (0, 40, 80, 120 t ha⁻¹) with a additional chemical treatment 150-150-00 kg ha⁻¹ of nitrogen, phosphorus and potassium respectively. The objective was to determine the best treatment of manure in the production of forage maize as a organic approach. The results show that production of green and dry maize in the two densities A1 and A2 the best treatment was 120 t ha⁻¹ of manure applied with, 69.75 and 73.5 t ha⁻¹ of green forage and 18.56 and 16.8 t ha⁻¹ dry matter respectively. Also this treatment shown the highest weight of pods and seeds but, the number of ears was higher at 80 t ha⁻¹ of cow manure applied. With respect to soil parameters measured in 2008 year, the treatment that shown greater organic matter, nitrates and ammonia also was 120 t ha⁻¹ with values of 3%, 230 ppm and 25 ppm, respectively but, in 2007 year, the pH and electric conductivity were higher with a maximum of 8.4 and 4 dS m⁻¹ in the same treatment respectively.

Key words: *manure, bovine, corn.*

Introducción

El maíz al igual que cualquier cultivo requiere de una cantidad suficiente de nutrientes para satisfacer sus necesidades, sin embargo los nutrientes que demanda el cultivo son deficientes en el suelo, estos pueden ser aportados por fertilizantes orgánicos como estiércoles y residuos de cosecha (Salazar *et al.*, 2002).

En la Comarca Lagunera se encuentra la cuenca lechera más importante del país con más de 400,000 cabezas de ganado bovino, debido a esto se genera una gran cantidad de desechos orgánicos (estiércol), tomando en cuenta que cada cabeza excreta 32.9 kg por día de estiércol, al mes se genera una cantidad de 12'495,716 toneladas, que actualmente no están siendo utilizadas en algún tratamiento, si no que en algunas partes de la región está siendo uno de los elementos de contaminación al medio (Luévano y González, 2001). El objetivo del trabajo fue determinar el mejor tratamiento de estiércol en la producción de forraje de maíz con el enfoque orgánico

Materiales y Métodos

El experimento fue realizado en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en el ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo.

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Los factores en estudio fueron la densidad del cultivo (67,000 y 88,800 p ha⁻¹) y estiércol solarizado [de 0 a 120 t ha⁻¹ con intervalos de 40 + fertilizante químico (150-150-00)].

El diseño experimental que se empleó fue bloques al azar con un arreglo en franjas con tres repeticiones. Preparación del terreno: se realizaron labores de barbecho a 30 cm de profundidad, rastreo y nivelación, antes de la aplicación del estiércol solarizado, posteriormente se aplicó el estiércol, para luego volver a rastrear y por último se colocó la cintilla y tubería necesaria para el riego, se instaló la cintilla a una distancia de 75 cm, superficial, con un calibre de 8 mill (0.2 mm), con emisiones cada 15 cm. En el lote experimental se aplicó por primera vez estiércol en 2007, la aplicación del estiércol se realizó un mes antes de la siembra, con el fin de que se mezclara con el suelo y que tuviera el estiércol incorporado en 2008 se aplicó en los mismos predios los mismos tratamientos. La siembra se realizó durante el ciclo primavera-verano 2007 y 2008, utilizando la variedad San Lorenzo, con distancias entre surcos de 0.75 m de separación; con una distancia entre plantas de 25 y de 15 cm. Para las densidades A1 (67 000 p ha⁻¹) y A2 (88 800 p ha⁻¹), para el tratamiento de fertilización química se utilizó Urea y MAP con una dosis de 150-150-0.

Las Variables medidas en el suelo son: Potencial de Hidrogeno (pH), determinado con potenciómetro, Conductividad eléctrica (C.E.) determinado con Conductímetro, Materia orgánica (MO) determinado por el método de Walkey y Black, Nitrógeno inorgánico (nitratos y amonio) por el método de Kenjdall o arrastre de vapor. Las variables evaluadas en la planta fueron: rendimiento de forraje (verde y seco).

Resultados y Discusión

Rendimiento de forraje verde (t ha⁻¹). En los tratamientos de estiércol solarizado, al menos uno fue estadísticamente diferente, con una Pr > F de 0.0007 en el año 2007 y una Pr > F de 0.0342 para el 2008. El tratamiento sobresaliente para el factor estiércol fue el de 120 t ha⁻¹ de estiércol solarizado, con 69.75 y 73.5 t ha⁻¹ de forraje verde, para 2007 y 2008, respectivamente; los rendimientos más bajos para las dos densidades los obtuvo el tratamiento de 0 t ha⁻¹, con 40.08 y 38 t ha⁻¹ (densidad 1) y 45.92 y 47 t ha⁻¹ (densidad 2) para 2007 y 2008 (figura 1). Claramente los rendimientos obtenidos en los tratamientos abonados fueron superiores a la media mencionada por Reta *et al.* (2002) de 45 ton ha⁻¹ de forraje fresco en la Comarca Lagunera, esto se refleja en lo registrado por Wade (1983), ya que al analizar algunos tratamientos de estiércol sobre especies forrajeras obtuvo un incremento en los rendimientos de hasta 80%.

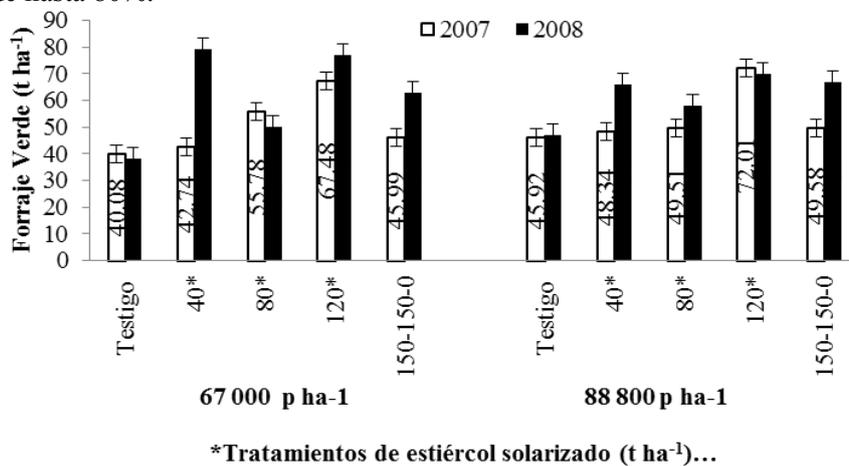


Figura 1. Rendimiento de forraje verde en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado en las dos densidades de siembra. CAE-FAZ-UJED, 2007 y 2008.

Rendimiento de forraje seco.

El tratamiento que mostró el mayor rendimiento para la densidad 1 (67,000 p ha⁻¹) fue el de 120 t ha⁻¹ con 14.38 y 18.56 t ha⁻¹ de forraje seco en el año 2007 y 2008 respectivamente. También para la densidad 2 (88,800 p ha⁻¹) fue el de 120 t ha⁻¹, con 13.20 y 16.80 t ha⁻¹ de forraje seco en 2007 y 2008 respectivamente (figura 2), lo cual rebaza la media regional mencionada por Reta *et al.* (2002) de 15 t ha⁻¹.

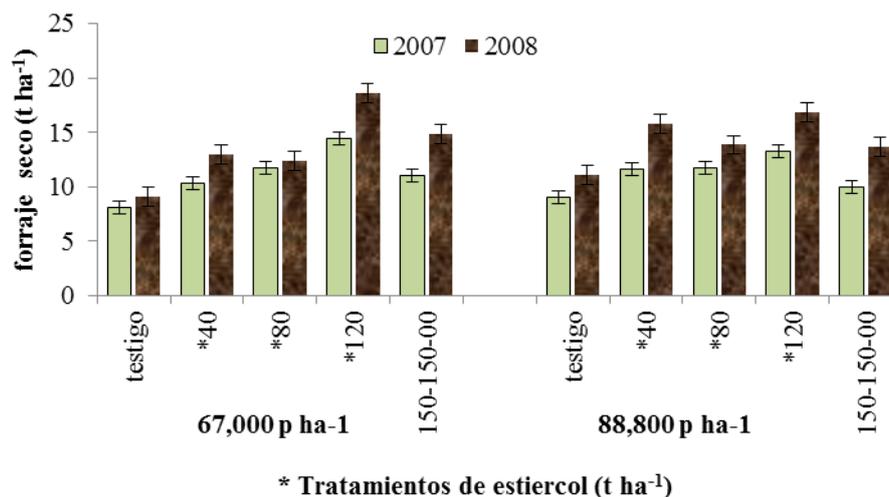


Figura 2. Producción de forraje seco en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado, y las dos densidades de siembra. CAE-FAZ-UJED, 2007-2008.

Variables medidas en el suelo

Se realizó un análisis de suelo de los siguientes factores: Materia orgánica (M.O.), Conductividad eléctrica (C.E.), Nitratos (NO_3) y Amonio (NH_4).

Conductividad Eléctrica (C.E.): los resultados obtenidos del análisis de suelo con respecto a C.E. se observan en la figura 3; los valores de C.E. fueron menores en 2008, pudiendo observar que los valores mayores se encuentran en el primer estrato del suelo (0-15 cm); los valores más altos los obtuvo el tratamiento de 120 t ha⁻¹, para la profundidad de 0-15 cm con 4.28 dS m⁻¹ (2007), y 2.67 dS m⁻¹ (2008); en la profundidad de 15-30 cm, para 2007 el tratamiento de 120 t ha⁻¹ obtuvo el valor más alto con 3.45 dS m⁻¹, para 2008 fue el de 80 ton ha⁻¹ con 1.57 dS m⁻¹; mientras que los valores menores fueron registrados por el tratamiento de 0 ton ha⁻¹, lo anterior coincide con Salazar *et al.* (2002), ya que menciona que al aumentar las dosis de estiércol aplicadas al suelo, habrá también un incremento en la cantidad de sales.

Materia Orgánica (M.O.). Los porcentajes de materia orgánica obtenidos (figura 3) reflejan un incremento en todos los tratamientos en 2008. Los porcentajes mayores para 2007 los obtuvo el tratamiento de 120 ton ha⁻¹, para el primer estrato del suelo con 2.62%, para el segundo estrato los tratamientos de 80 y 120 ton ha⁻¹ obtuvieron 2.20%; en 2008 el de 80 t ha⁻¹ obtuvo el porcentaje más alto de M.O. 3.03% seguido del de 120 ton ha⁻¹ con 2.94 para el primer estrato, mientras que para el segundo el porcentaje mayor lo obtuvo el de 120 ton ha⁻¹ con 2.92%. Estos resultados reflejan que al incrementar la dosis de estiércol de igual manera incrementa la materia orgánica en el suelo, coincidiendo con lo mencionado por Figueroa (2003), ya que al haber un buen manejo del estiércol, proporcionará un aumento de materia orgánica al suelo.

Nitratos (NO_3). En la figura 4 se puede observar que hubo un incremento bastante alto en el contenido de nitratos en el suelo en 2008, siendo el tratamiento con mayor contenido de nitratos el de 120 ton ha⁻¹, para 2007 se obtuvieron 14.71 (0-15 cm) y 11.7 ppm (15-30 cm), mientras que para 2008, 240.41 (0-15 cm) y 146.77 ppm (15-30 cm). El contenido de nitratos es mayor en el primer estrato del suelo, esto coincide con lo reportado por Vázquez *et al.* (2001), ya que menciona que las condiciones de humedad, aireación y temperatura son más favorables en el primer estrato para la transformación de los nitratos mediante la mineralización.

Amonio (NH_4). Los resultados referentes al contenido de amonio en el suelo (ppm) se pueden observar en la figura 5. La concentración de nitratos en el suelo tendió a incrementarse en el segundo año, en el estrato de 15-30 cm.

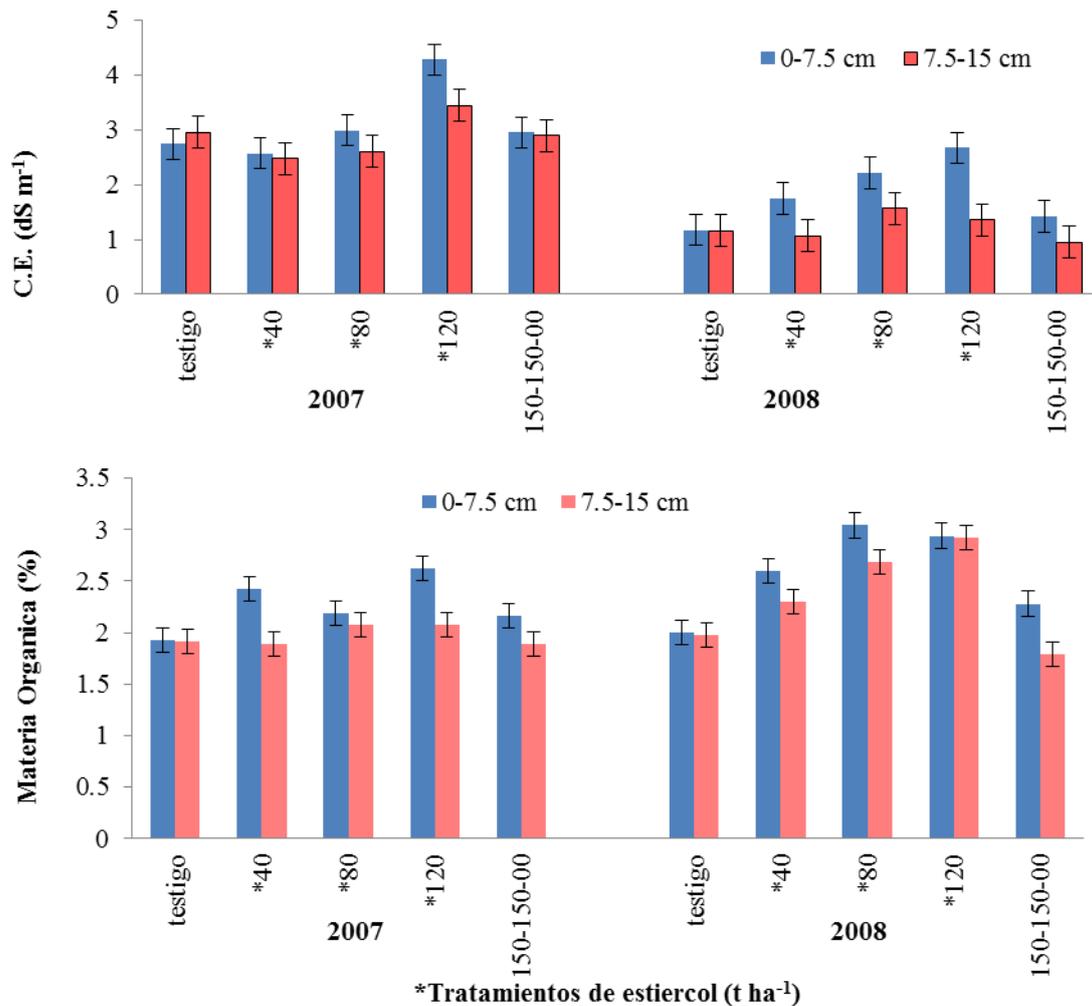


Figura 3. Conductividad eléctrica (dS m⁻¹) (arriba) y porcentajes de Materia Orgánica del suelo (abajo), en dos profundidades y dos años de estudio, en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado. CAE-FAZ-UJED, 2007-2008.

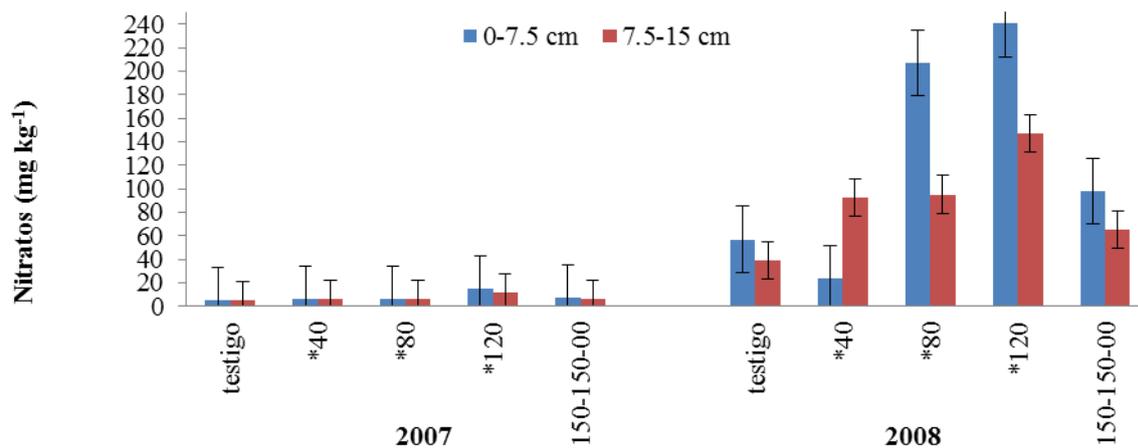


Figura 4. Contenido de Nitratos a dos profundidades de muestreo y en dos años de estudio, de los diferentes tratamientos de estiércol. CAE-FAZ-UJED 2007-2008.

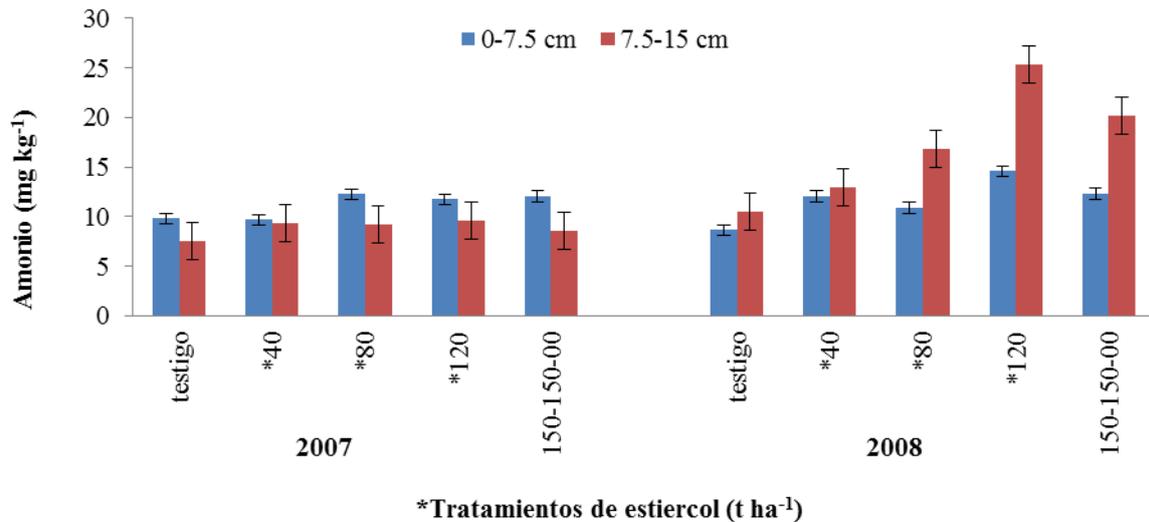


Figura 5. Contenido de Amonio a dos profundidades de muestreo y en dos años de estudio, de los diferentes tratamientos de estiércol. CAE-FAZ-UJED 2007-2008.

Conclusiones

En lo referente a rendimiento de forraje verde y seco, el tratamiento que obtuvo los más altos resultados fue el de 120 t ha⁻¹. El análisis de suelo mostró resultados aceptables dentro de lo permitido para la producción de maíz; en cuanto al pH con 80 t ha⁻¹ de estiércol solarizado obtuvo los valores más altos, con 8.3 en 2007 y 7.4 en 2008, en MO los valores son de 2.6 en 2007 con 120 t ha⁻¹ de estiércol solarizado y 3.03 % de M.O en 2008 con 80 t ha⁻¹ de estiércol solarizado, en cuanto a conductividad eléctrica, el tratamiento de 120 ton ha⁻¹ registró los resultados más altos con 4.2 y 2.7 dS m⁻¹ de C.E. para 2007 y 2008 respectivamente, los nitratos mostraron 240 mg kg⁻¹ de NO₃ (0-15 cm), y el amonio se movió alrededor de 12 ppm excepto en el tratamiento de 120 t ha⁻¹ de estiércol solarizado en 2008 que registro el valor más alto con 25.31 mg kg⁻¹ de NH₄ (15-30 cm).

Literatura citada

- Figuroa V., U. 2003. Uso sustentable del suelo *in* abonos Orgánicos y Plasticultura. Gómez Palacio, Durango, México. FAZ UJED. SMCS Y COCYTED.
- Luévano G. A., Noel E. Velázquez. 2001. Ejemplo Singular en los Agronegocios, Estiércol Vacuno: de Problema Ambiental a Excelente Recurso. Revista Mexicana de Agronegocios, Julio-Diciembre. Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. la Universidad Autónoma de la Laguna. La Universidad Autónoma Agraria —Antonio Narro— Unidad Laguna. Torreón, Coahuila, México. Pp 306-308
- Reta S. D. G., Carrillo J. S., Gaytan M. H., Cueto W. J. 2002. Sistemas de Producción para incrementar la productividad y sustentabilidad del maíz en la Comarca Lagunera, informe técnico. CELALA-CIRNOC.INIFAP.
- Salazar S. E., Vázquez V. C., y Rivera O. O. 2002. Manejo y biodegradación del estiércol bovino en la Comarca Lagunera, Memorias de la XV semana Internacional de Agronomía. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (CAE-FAZ-UJED).
- Salazar S. E., Vázquez V. C., Léos R. J., Fortis H. M., Montemayor T. J. 2003. —Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo riego sub-superficial”, publicado en *Phyton*,
- Vázquez, V.C., Salazar, S.E., Cueto, W.J.A, Fortis, H.M. y A.H. Beltrán. 2001. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera bajo tres sistemas de labranza. Avances de investigación agropecuaria. FAZ-UJED. Venecia, Durango, México.
- Wade, M. K. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin. *Agron. J.*

PRODUCCIÓN DE PIMIENTO MORRÓN CON DIFERENTES PORCENTAJES DE ESTIÉRCOL SOLARIZADO Y UTILIZACIÓN DE MICORRIZA EN AMBIENTE SEMI-CONTROLADO

Hernández Espinoza Miguel A.^{1*}, Urbina Martínez Miguel A.², Luna Anguiano Jesus², Crispín Herrera María A.³, Guzmán Roblero Claribel P.³ y Morales Fabian Zenona³

¹Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, ²Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED,

³Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable de la Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED.

*E-mail: miguel_ahc@yahoo.com.mx

Resumen

Con la finalidad de observar la calidad y rendimiento del pimiento morrón se evaluaron diferentes niveles de estiércol solarizado con y sin micorrizas los tratamientos evaluados fueron T1 (50-25-25), T2 (50-0-50), T3 (25-50-25), T4 (50-50-0), T5 (25-25-50), T6 (50-50-químico), T7 (0-50-50) y T8 (100-0-químico) en porcentajes de suelo arena y estiércol con tres repeticiones en condiciones semi-controladas en un diseño completamente al azar las variables evaluadas fueron rendimiento por planta, altura de planta, diámetro de tallo y componentes fenolicos, en el sustrato fueron temperatura, C.E., M.O, y NO₃. Con respecto al rendimiento se encontró diferencia estadística donde el mejor tratamiento fue el siete (0-50-50) de 0% de suelo, 50% de arena, 50% estiércol siendo estadísticamente igual al tratamiento químico con un rendimiento de 18.6 t ha⁻¹ con respecto a la altura de planta el mayor fue el tratamiento ocho seguido del tratamiento siete con 62.5 cm siendo estadísticamente diferentes entre ellos. Para la concentración de nitratos los valores de mayor concentración fue para el tratamiento con micorriza lo que indica que hubo una mayor descomposición de la materia orgánica. Con respecto a la materia orgánica existió un incremento en los tratamientos de estiércol solarizado mayor a 1.6% en general, lo referente a la conductividad eléctrica en todos los tratamientos con estiércol solarizado presentaron un valor mayor de 4dsm⁻¹ de salinidad lo cual indica que estos tratamientos estuvieron bajo estrés esto indica que el cultivo del pimiento morrón es tolerante a la salinidad.

Palabras clave: *Pimiento morrón, micorriza, estiércol, suelo*

Abstract

In order to observe the quality and yield of bell pepper were evaluated at different levels of manure and non-mycorrhizal solarized treatments evaluated were T1 (50-25-25), T2 (50-0-50), T3 (25-50 - 25), T4 (50-50-0), T5 (25-25-50), T6 (50-50-chemical), T7 (0-50-50) and T8 (100-0-chemical) in percentages sandy soil and manure with three repetitions in semi-controlled conditions in a completely randomized design variables evaluated were yield per plant, plant height, stem diameter and phenolic compounds in the substrate were temperature, EC, MO, and NO₃. Regarding performance statistical difference was found where the best treatment was seven (0-50-50) of 0% soil, 50% sand, 50% manure to be statistically equal to the chemical treatment with a yield of 18.6 t ha⁻¹ for plant height was the largest eight treatment followed by treatment with 62.5 cm seven being statistically different between them. For the nitrate concentration values was greater with mycorrhizal treatment indicating that there was a greater decomposition of organic matter. With respect to organic matter there was an increase in solarized manure treatments increased to 1.6% in general, regarding the electrical conductivity in all solarized manure treatments showed a higher value of salinity 4dsm⁻¹ which indicates that these treatments were under stress this indicates that the cultivation of pepper is tolerant to salinity.

Introducción

Durante las últimas dos décadas, se ha registrado un comportamiento muy dinámico en la producción, demanda y el consumo de productos orgánicos, sobre todo en los países desarrollados. Esto por la preocupación de la ingesta de productos inocuos. El manejo orgánico de los cultivos hortícolas en condiciones semi-controlado, como es el caso del chile, es una alternativa rentable de manejo agroecológico que garantiza mayor eficiencia en los sistemas de producción hortícola. En la región lagunera, el cultivo de chile tiene gran importancia en la economía regional ya que es el principal cultivo hortícola durante el ciclo P-V, seguido del tomate rojo y la cebolla, con una superficie

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

sembrada 1074 ha y un rendimiento promedio de 11 ton/ha por su parte, Las micorrizas según Bethlenfalvai y Linderman, (1992), mencionan que incrementan el rendimiento de los cultivos y reducen el consumo de fertilizantes minerales, dado esto por la presencia de las hifas extrarradicales, cuyo pequeño tamaño le permiten entrar en los poros más diminutos del suelo y con ello acceder a los nutrientes del mismo. El chile además de sus usos como condimento, tiene cualidades nutrimentales de gran calidad. En el tipo serrano la parte comestible del fruto es del 95%, cada 100 gr de chile, 35 gr son calorías, 23 gr de proteínas, 0.4 gr de grasas, 7.4 gr de carbohidratos, pero las mayores cualidades las tiene como fuente primaria en el abastecimiento de sales minerales y vitaminas, ya que contiene 35 mg de riboflavina, 1.3 mg de niacina y 65 mg de ácido ascórbico; contribuye con toda la vitamina C que requiere el organismo.

Revisión de literatura

La producción de pimiento morrón para exportación es un negocio para un mercado en plena expansión. Se recomienda considerarlo como una oportunidad de negocios con grandes posibilidades de alta rentabilidad si se satisfacen todos los requerimientos de calidad que dicho mercado establece. (SHCP, 2008). Existen reportes del efecto positivo de la micorriza en conjunto con la materia orgánica aplicada como composta o simplemente como estiércol o residuos de cosecha, en el desarrollo de las plantas. (Manjarrez, et al. 1999). Los hongos micorrizicos incrementan la absorción de nitrógeno a partir de residuos orgánicos, es el caso de plantas de *plantagolaceolata*. (Hodge et al., 2001) La micorriza influye de manera positiva en el crecimiento de las leguminosas, se observó una diferencia significativa en relación con los tratamientos que no tenían micorriza. Y que la planta crece más rápido. (M. Hernández et al., 2000). El manejo orgánico de los cultivos hortícolas en condiciones semi-controladas, como es el caso del chile, es una alternativa rentable de manejo agroecológico que garantiza mayor eficiencia en los sistemas de producción hortícola. (Kamara 2004 y Vásquez et al 2005). La producción de hortalizas es favorecida por la inoculación y el complemento de abonos orgánicos. (Manjarrez, et al. 2006). Fernández (1982), menciona que el estiércol de bovino en México constituye una de las fuentes principales de abonos orgánicos y es subutilizado en las inadecuadas aplicaciones en tierras agrícolas. Onofre (1992) señala que el chile además de su uso como condimento, tiene cualidades nutrimentales de gran calidad. En el tipo serrano la parte comestible del fruto es del 95 %; cada 100 gr de chile, 35 gr son calorías, 23 gr de proteínas, 0.4 gr de grasas, 7.4 gr de carbohidratos, pero las mayores cualidades las tiene como fuente primaria en el abastecimiento de sales minerales y vitaminas, ya que contiene 35 mg de riboflavina, 1.3 mg de niacina y 65 mg de ácido ascórbico; contribuye con toda la vitamina C que requiere el ser humano.

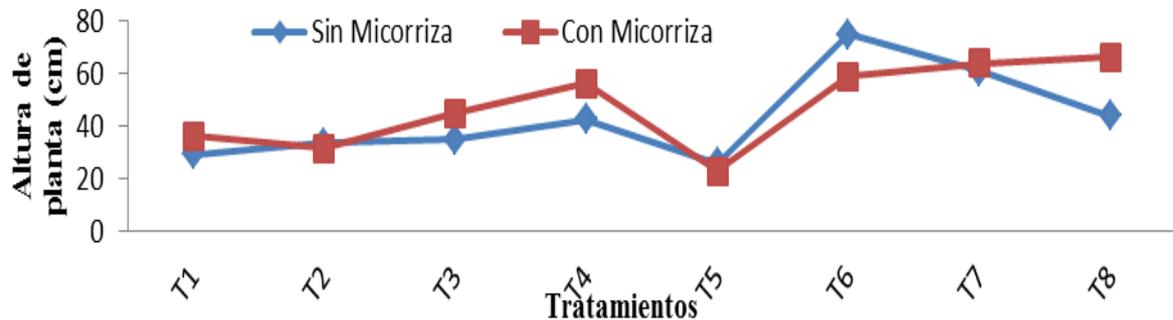
Materiales y Métodos

Este proyecto se estableció en el invernadero de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Se encuentra en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Durango, en la región conocida como Comarca Lagunera, colindando con el sur del estado de Coahuila. Se localiza geográficamente a 25° 46' 56" de latitud Norte y 103° 21' 02" de longitud al Oeste, con una altura de 1150 msnm. Para la elaboración de masetas se utilizaron bolsas de plástico para masetas de 30 cm de altura, con un diámetro de 20 cm. El híbrido utilizado fue F1HD6. La micorriza se aplicó en el almacigo. Se aplicaron 50 gr. de micorriza en 1 L de agua para una charola. Para el sustrato se utilizó: Arena esterilizada, Estiércol solarizado y Suelo. Para el establecimiento se lavó la arena con ácido sulfúrico al 1% luego se cribó el estiércol solarizado, el suelo y la arena. Las bolsas se llenaron conforme los tratamientos a utilizar y se realizó de acuerdo al volumen de la bolsa. Los tratamientos fueron: Los tratamientos fueron: T1 (50-25-25), T2 (50-0-50), T3 (25-50-25), T4 (50-50-0), T5 (25-25-50), T6 (50-50-químico), T7 (0-50-50) y T8 (100-0-químico) en porcentajes de suelo arena y estiércol con tres repeticiones, el tratamiento químico fue con la fórmula 150-80-00. El diseño estadístico utilizado fue completamente al azar. Para la elaboración de masetas se utilizaron bolsas de plástico para masetas de 30 cm de altura, con un diámetro de 20 cm. las cuales se llenaron conforme los tratamientos a utilizar y se realizó de acuerdo al volumen de la bolsa. Para el sustrato se utilizó arena esterilizada, estiércol solarizado y suelo. Para la elaboración del sustrato se lavó la arena con ácido sulfúrico al 1% luego se cribó el estiércol solarizado, el suelo y la arena. El híbrido utilizado fue F1HD6. La micorriza se aplicó en el almacigo. Se aplicaron 50 gr. de micorriza en 1 Lto. de agua

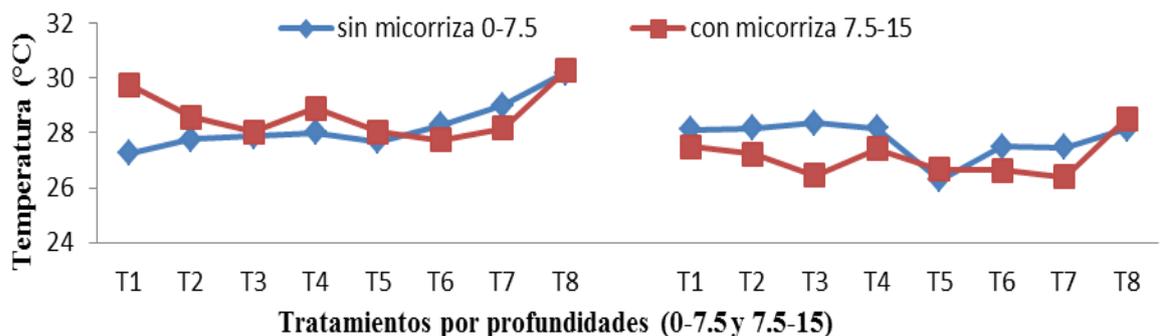
para una charola. Variables evaluadas: Planta: *Altura de planta*, *Diámetro de tallo*, *Rendimiento*, *Compuestos fenolicos*, Sustrato: *M.O.*, *C.E.*, *pH*, *Nitratos*, *Temperatura*.

Resultados y Discusión

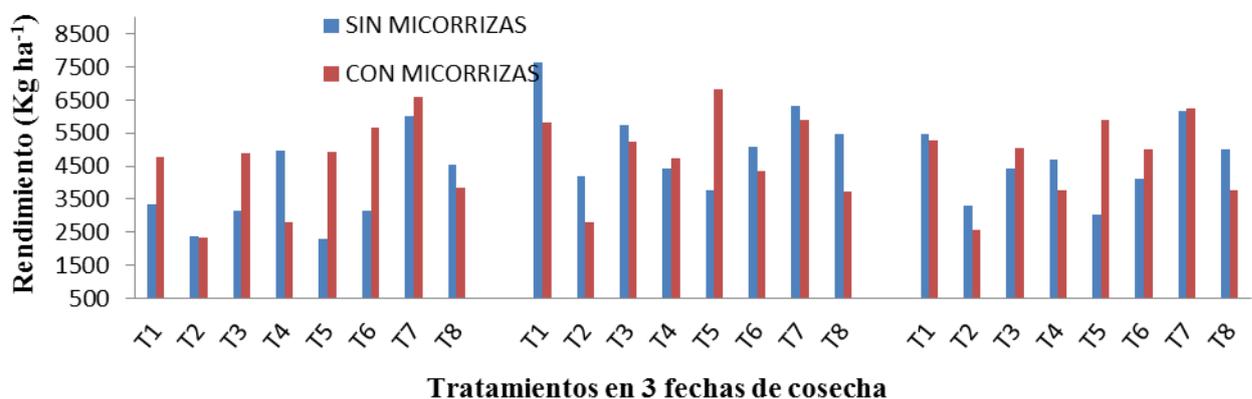
La máxima altura de planta se encontró en los tratamientos con micorriza. Siendo estadísticamente diferente al tratamiento sin micorriza, esto debido probablemente a que los tratamientos con micorriza absorben una mayor cantidad de nutrientes y agua para el desarrollo de la planta.



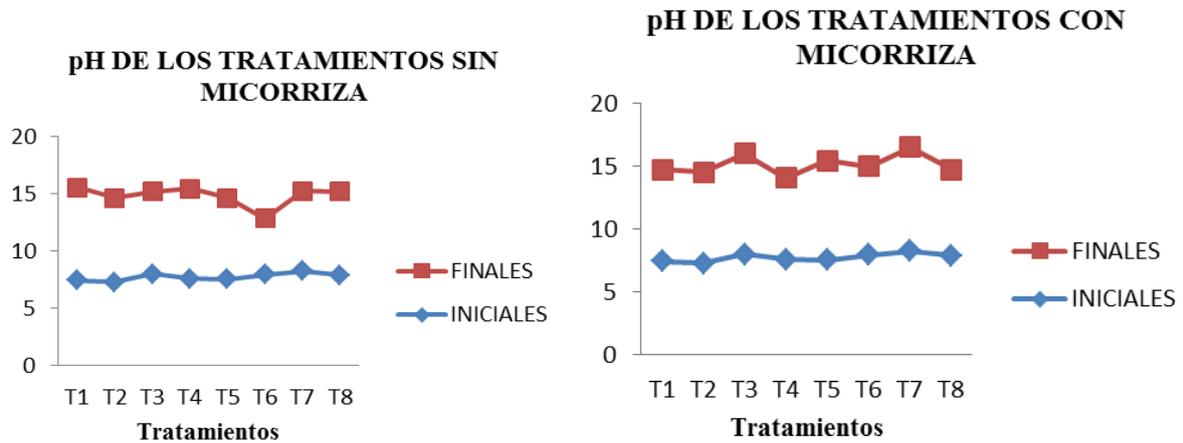
La temperatura del sustrato se encontró diferencia significativa estadística para los diferentes niveles de estiércol factor B y para el factor A con y sin micorriza.



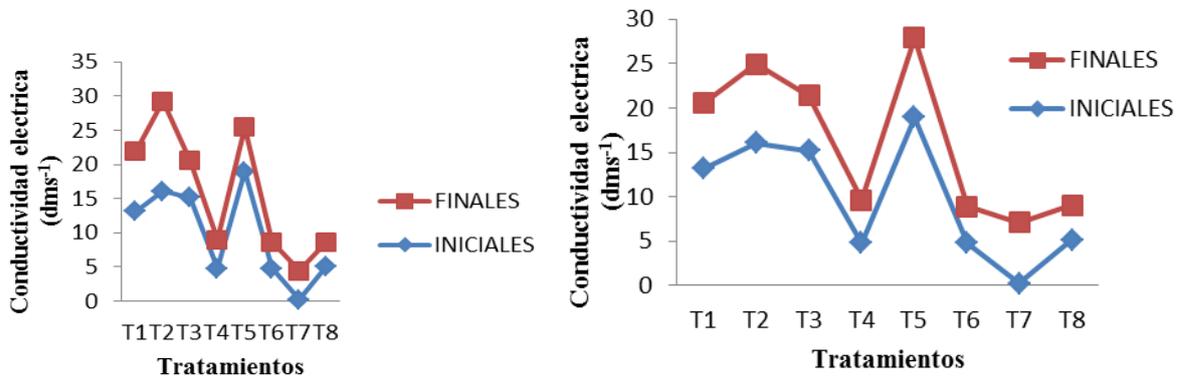
El máximo rendimiento se obtuvo en el T 8 con el más alto rendimiento seguido de los T1, T3, T6, T5, siendo estadísticamente iguales entre si y diferentes al T2, para los compuestos fenolicos los tratamientos con micorriza obtuvieron los valores más altos y por lo tanto estos fueron los de mejor calidad nutritiva.



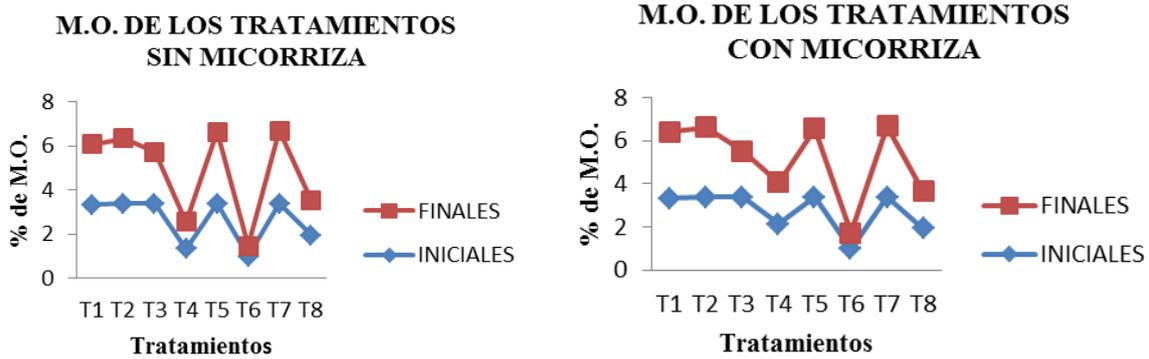
Se observaron las tendencias del potencial hidrogeno antes del establecimiento de la plantación y después de la cosecha se observa que los valores de pH son similares a los suelos de la región excepto en el tratamiento 6 donde el pH se modifico de alcalino a ácido sin embargo estos rangos son buenos para el desarrollo del pimiento morrón.



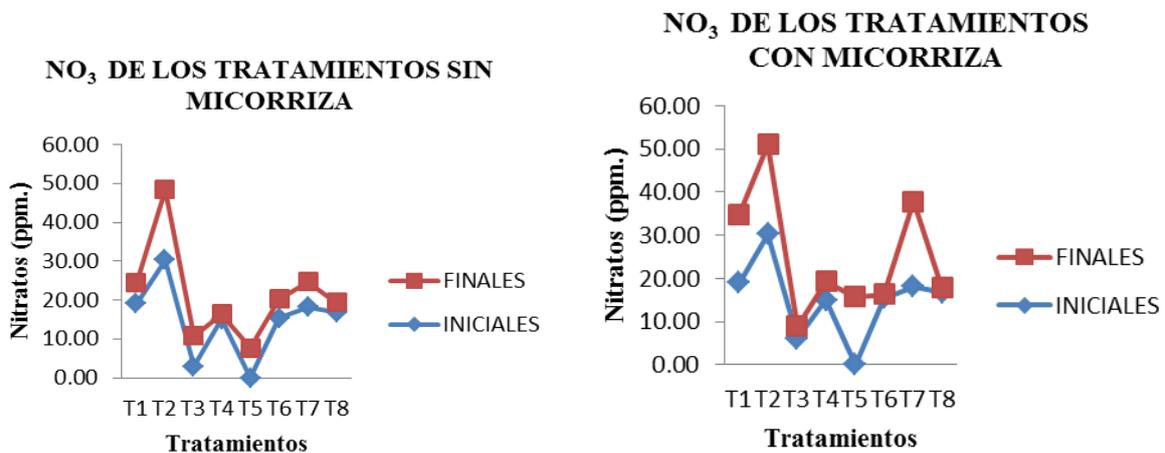
Se observo que existen condiciones muy elevadas de conductividad eléctrica en el tratamiento 5 donde llega asta 18.9 dsm^{-1} esto influyo para el buen desarrollo del cultivo del pimiento morrón en los tratamientos de con y sin micorriza. Esto nos indica que el cultivo es tolerante a la salinidad ya que la aplicación de agua de riego cada tercer día lavo las sales presentes en el sustrato, sin embargo sus valores son mayores que el recomendado para el establecimiento de cultivos sin problemas de salinidad que es 4 dsm^{-1}



El contenido de materia orgánica al inicio y al final del cultivo en con y sin micorriza, la tendencia es que en todos los sustratos con estiércol solarizado el valor de materia orgánica con mayor contenido de estiércol fue al inicio superior a 3% y al final tuvieron una disminución en promedio de 0.5% quedando con valores moderadamente ricos sin embargo sus valores de salinidad fueron elevados.



La mayor concentración de nitratos está para los tratamientos con mayor concentración de estiércol solarizado que es de 3 ppm quedando al final del experimento con 18 ppm. Esto indica que hay una mayor mineralización del estiércol solarizado disponible para el desarrollo del cultivo. Realizando una comparación de la tendencia con micorriza se observa que los tratamientos con estiércol solarizado al final tienen una mayor concentración de nitratos esto indica que existe una mayor degradación de la materia orgánica incrementando la concentración de nitratos debido a la actividad de las micorrizas.



Conclusiones

El mejor tratamiento para rendimiento fue el tratamiento T7 (0, 50, 50) de 0% de suelo, 50% de arena, 50% de estiércol con rendimientos de 50 Tha^{-1} . En todos los tratamientos de estiércol fue el valor de C.E. mayor de 4dsm^{-1} lo cual indica que el pimiento morrón es tolerante a la salinidad. La mayor concentración de nitratos está para los tratamientos con mayor concentración de estiércol solarizado que es de 3 ppm. En todos los sustratos con estiércol solarizado el valor de materia orgánica con mayor contenido de estiércol fue al inicio superior a 3%.

Literatura citada

- Higuera, C.P. 1979. Fenología de la floración en tres tipos de chile Ancho mulato y pasilla (*Capsicum annuum*) subespecie *grossum* y *longum* bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura ITESM. Unidad Querétaro. Esc. de Agricultura y Ganadería. México. Pp 79.
- Kamara, K., A. 2004. El cultivo del chile en el escenario de la agricultura orgánica. Primera convención mundial de chile 2004. León, Gto., México. pp: 344-350.
- Vasquez-Hernandez, A., Lopez-Galvan, V., Rodriguez-Escobar, G., Vargas-García, A.B., y I. Meneses-Márquez. 2005. Aplicación de bioabono Bocashi en chile Jalapeño bajo dos condiciones ambientales del cultivo. Segunda convención Mundial del chile 2005. Zacatecas, Zac, México. Pp: 176-179
- Onofre, S.H.A. 1992. Respuesta de un genotipo de chile Serrano a dos fuentes de fertilización nitrogenada y aspersión foliar de micronutrientes. Tesis de Maestría. I.T.A. No. 10. Torreón Coah. Pp 98.

PRODUCCIÓN DE TOMATE EN MALLA SOMBRA Y SU RESPUESTA A LA APLICACIÓN DE ESTIERCOL SOLARIZADO Y LOMBRICOMPOSTA

García Reyes Moisés,^{*1}Luna Anguiano Jesús², Calzada Colchado Karen Goreti³, Salazar Meléndez Enrique², Hernández Espinoza Miguel A¹, Salazar Sosa Enrique⁴.

¹Alumno de Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable, ²Doctorado institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, ³ Alumna de Licenciatura Facultad de Agricultura y Zootecnia, ⁴Profesor-Investigador de la FAZ-UJED. *E-mail: horlagmoi@yahoo.com

Resumen

El uso de fuentes orgánicas de nutrientes para las plantas en lugares donde estos se producen en cantidades suficientes, permite bajar los costos de producción por concepto de aplicación de fertilizantes químicos. La Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante de México, cuenta con 450,000 cabezas de ganado bobino lechero, del cual se producen alrededor de un millón de toneladas de estiércol base seca por día (SAGARPA, 2006). Manejado adecuadamente el estiércol, puede proveer la totalidad de los macro elementos que el cultivo necesita. El presente trabajo se realizó en la Empresa HORTALIZAS DE LA LAGUNA S. P. R. DE R. L. DE C. V. dedicada a la producción de hortalizas, en el ciclo primavera – verano de 2010 los factores de estudio fueron estiércol bovino solarizado (0, 30, 60, 90, 120 t ha⁻¹), tratamiento químico (900-450-950-300-150 unidades por ha) y vermicompost (0, 10 t ha⁻¹), se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas y tres repeticiones. El objetivo del trabajo fue determinar el mejor tratamiento de estiércol solarizado y vermicompost en la producción de tomate variedad SAHEL de crecimiento indeterminado. El rendimiento total del tomate en t ha⁻¹, en donde los mejores tratamientos fueron el de 60 y 90 t ha⁻¹ de estiércol solarizado aplicado al suelo con 76 y 71 t ha⁻¹ de tomate respectivamente y el que menos rendimiento presentó fue el testigo con 62 t ha⁻¹, que quedó de manifiesto el efecto residual que tuvieron las aplicaciones de fertilizante químico anteriores, razón por la cual el testigo presentó esos rendimientos.

Abstract

The use of organic nutrient sources for plants in places where there are amounts enough to satisfy the crops needs, allows a significant production costs decrease due to savings in chemical fertilizers. The Comarca Lagunera is the most important dairy region in Mexico, there is an inventory of 450,000 heads of milking cows which produce around a million ton of dry base manure per day (SAGARPA, 2006). An adequate manure management can provide the total crop macro elements needs. The work was conducted in the fields of Hortalizas de La Laguna S.P.R. de R.L. de C.V. during the 2010 spring summer cycle. The study factors were solarized manure (0, 30, 60, 90, 120 t ha⁻¹), chemical treatment (900-450-950-300-150 units per ha) and vermicompost(0, 10 t ha⁻¹). The experiment statistic model used was random blocks with line arrangements and three repetitions. The main object was to determine the best solarized manure and vermicompost treatment for tomato production. The variety of study was SAHEL indeterminate growing specie. The highesttomato yields (ton ha⁻¹) were achieved in 60 and 90 ton ha⁻¹ of solarized manure with 76 and 71 tomato ton ha⁻¹ respectively. The lower yield production was observed in the witness treatment with 62 ton ha⁻¹, in this case the residual effects of chemical fertilization applied in past cropsinferred in the result.

Introducción

En México la producción de hortalizas es una actividad importante por la significativa captación de divisas que fue de 6,500 millones de dólares y en 2008, esta cifra se elevó a 8,500 millones de dólares a la economía nacional y para proveer de alimento a la sociedad. México es el principal exportador de hortalizas frescas a E.U. en los últimos cinco años. En la actualidad muchos agricultores grandes y pequeños, quienes tradicionalmente han utilizado la aplicación de fertilizantes sintética o química, están modificando esta práctica por diversas razones, entre las cuales, se encuentran, la demanda de alta calidad de los productos, restricción de pesticidas, incremento en un 100 por ciento en el costo de los fertilizantes y la degradación de los recursos naturales como el suelo (Humpert *et al.*, 2000). El uso excesivo de fertilizantes químicos y la poca utilización de abonos orgánicos han producido el

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, reflejándose en la disminución del rendimiento en un 20 por ciento en la producción. En la actualidad, la estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas. Los abonos orgánicos (estiércoles, compostas y residuos de cosecha), se han recomendado en aquellas tierras sometidas a cultivo intenso para mantener y mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y facilitar la disponibilidad de nutrimentos para las plantas (Castellanos, 1982). La agricultura protegida permite suponer que la producción de hortalizas bajo condiciones de malla sombra e invernadero como tradicionalmente se realiza con el uso de fertilizantes químicos (solución nutritiva), se pueden llevar a cabo con la aplicación de abonos orgánicos como estiércoles y lombricomposta.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se realizó en la Empresa HORTALIZAS DE LA LAGUNA S. P. R. DE R. L. DE C. V. dedicada a la producción de hortalizas, en el ciclo primavera – verano de 2010, los factores de estudio fueron estiércol bovino solarizado (0, 30, 60, 90, 120 t ha⁻¹), tratamiento químico (900-450-950-300-150 unidades por 845 hectárea) y vermicompost (0, 10 t ha⁻¹). El objetivo del trabajo fue determinar el mejor tratamiento de estiércol solarizado y vermicomposta en la producción de tomate variedad SAHEL de crecimiento indeterminado.

Localización del sitio experimental

El experimento se realizó en el ciclo primavera – verano en 2010, la empresa se encuentra ubicada en el Municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. En las coordenadas 102° 58' 58" longitud Oeste y 25° 45' 32" latitud Norte, a una altura de 1,090 metros sobre el nivel de mar.

Características ecológicas del sitio

El clima es de subtipos secos semicálidos; la temperatura media anual es de 16 a 18° C; en la parte norte centro; en la parte sur – sureste de 20° a 22° C, y la precipitación media anual se encuentra en el rango de 200 a 300 mm. Con régimen de lluvias en los meses de mayo a octubre, los vientos predominantes soplan en dirección sur a velocidades de 20 a 27 kilómetros por hora, la frecuencia de heladas es de 0 a 21 días y granizadas de cero a un día.

Características del suelo en el sitio experimental

Los suelos predominantes en el área de trabajo, se caracterizan por ser de pH de 7.0, conductividad eléctrica de 3.5 mmhos/cm, RAS de 5.0 y contenido de sodio de 19.5 meq/L. Por lo anterior, dicho suelos son caracterizados como salinos con ligeros problemas de sodio. Por su textura el suelo se caracteriza por ser un migajón arcilloso en el estrato de 0 – 50 cm, cuya infiltración básica es de 1.2 cm/h; de ahí en adelante éste cambia a arenoso, con una infiltración básica de 3.0 a 6.0 cm/hr.

Establecimiento y Conducción del experimento

Se realizaron labores de preparación del suelo como son barbecho, rastreo, trazo de unidades experimentales, aplicación de estiércol solarizado, lombricomposta, posteriormente se formaron las camas, se colocara cintilla para riego y por último se colocará plástico en las unidades que estarán acolchadas. Estas actividades como la aplicación de estiércol solarizado y lombricomposta se aplicará un mes antes del establecimiento del cultivo, para el tratamiento con fertilización química se utilizarán fertilizantes solubles y se aplicarán por el sistema de riego.

Plantación

La plantación se realizó el 15 de Marzo del 2010, con una distancia entre plantas de 27cm a una hilera al centro de la cama y a doble tallo, la variedad de tomate es SAHEL cabe mencionar que las unidades experimentales fueron de 60 m². Los tratamientos fueron estiércol bovino solarizado (0, 30, 60, 90, 120 t ha⁻¹), tratamiento químico (900-450-950-300-150 unidades por ha) y vermicompost (0, 10 t ha⁻¹). La distribución de tratamientos en campo se realizó utilizando un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron rendimiento, nitratos, conductividad eléctrica y pH.

Resultados y Discusión

Rendimiento

La Figura 1 muestra el rendimiento total del tomate ($t\ ha^{-1}$), en donde los mejores tratamientos fueron el de 60 y 90 $t\ ha^{-1}$ de estiércol solarizado aplicado al suelo con 76 y 71 $t\ ha^{-1}$ de tomate respectivamente y el que menos rendimiento presentó fue el testigo con 62 $t\ ha^{-1}$, que quedó de manifiesto el efecto residual que tuvieron las aplicaciones de fertilizante químico anteriores, razón por la cual el testigo presentó esos rendimientos. La figura 2 muestra el rendimiento de tomate por calidad de fruto, (XXL: Extra Extra Largo, XL: Extra Largo, L: Largo, M: Mediano, S: Pequeño), y por tratamiento de estiércol siendo la segunda (XL) y la tercera (L), el tamaño de fruto donde las diferencias estadísticas se encontraron con rendimientos más altos en los tratamientos de 60 y 90 $t\ ha^{-1}$, de estiércol aplicado, para el primero los rendimientos acumulativos después de 25 cortes fueron de 12 y 17 $t\ ha^{-1}$ respectivamente, para el de 90 $t\ ha^{-1}$ los rendimientos de tomate fueron de 12 y 17 $t\ ha^{-1}$ segunda y tercera calidad respectivamente. Claramente se observa que el testigo presentó los más altos rendimientos con la calidad más baja (S) con cerca de 15 $t\ ha^{-1}$, y el que menos rendimiento presentó con esta calidad fue el tratamiento de 120 $t\ ha^{-1}$ de estiércol aplicado con 10 $t\ ha^{-1}$. Esto explica en parte el por qué en rendimiento total el testigo presentó altos rendimientos pero con muy baja calidad.

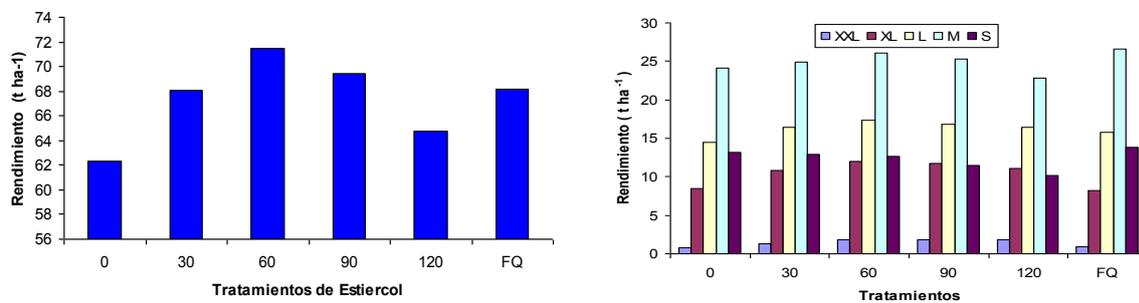


Figura 1. Rendimiento en el cultivo de tomate por Tratamiento de Estiércol y Fertilizante Químico (izquierda) y Calidad de Fruto (Derecha).

pH del suelo

El Figura 3 muestra los valores obtenidos de 4 quincenas (1,3,5 y 6) respectivamente de muestreo donde el pH entre fechas fue disminuyendo de manera uniforme en todos los tratamientos encontrándose en la quincena 6 un valor cercano al neutro en todos los tratamientos excepto en la dosis de 0 $t\ ha^{-1}$ estiércol con 10 $t\ ha^{-1}$ de vermicomposta que obtuvo un valor de 7.1 y la dosis de 30 $t\ ha^{-1}$ de estiércol y 0 $t\ ha^{-1}$ de vermicomposta que alcanzó un pH de 7.3 en lo respectivo al anova se encontró significancia estadística en el Ph con los tratamientos de estiércol y vermicomposta que mostraron valores de 0.0253 y 0.0001 para el factor estiércol y factor vermicomposta respectivamente.

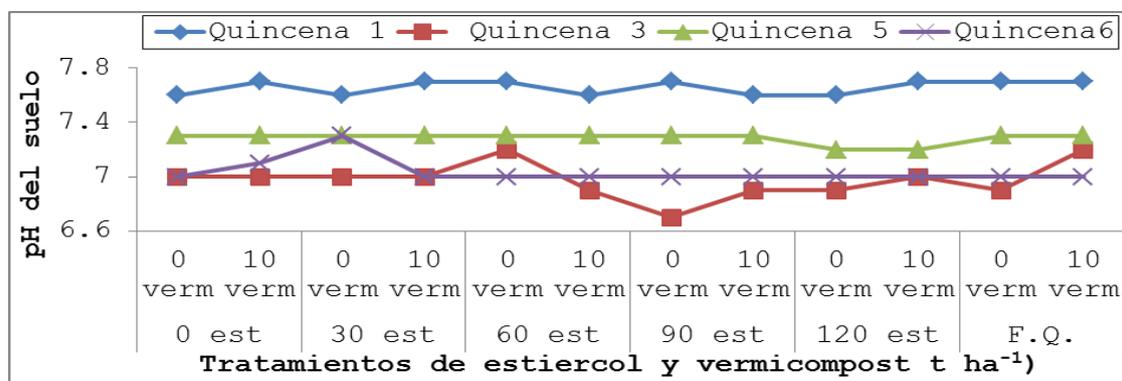


Figura 3. pH del suelo en la interacción estiércol-vermicompost en cuatro quincenas de muestreo. CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.

Conductividad Eléctrica

Los muestreo de esta variable se evaluaron en nueve quincenas donde los anovas reportaron los siguientes resultados. El anova, mostro una $pr > F$ de 0.0001, donde la prueba de medias Figura 4, mostro como valor mas alto a la fertilizacion química en la primer quincena con un valor de 1.64 seguido de la dosis de 30 t ha⁻¹ de estiércol solarizado que obtuvo un valor de 1.49, seguido de las dosis de 60 y 90 t ha⁻¹ estiércol solarizado con valores de 1.45 y 1.49 respectivamente, la dosis de 120 t ha⁻¹ de estiércol alcanzo 1.36 dejando el valor mas bajo al testigo con 1.31 sin embargo todos los tratamientos e incluso el tratamiento químico estan dentro de los límites permisibles de conductividad eléctrica, el valor mas alto permisible de conductividad para los cultivos es de 3.5 dS m⁻¹.

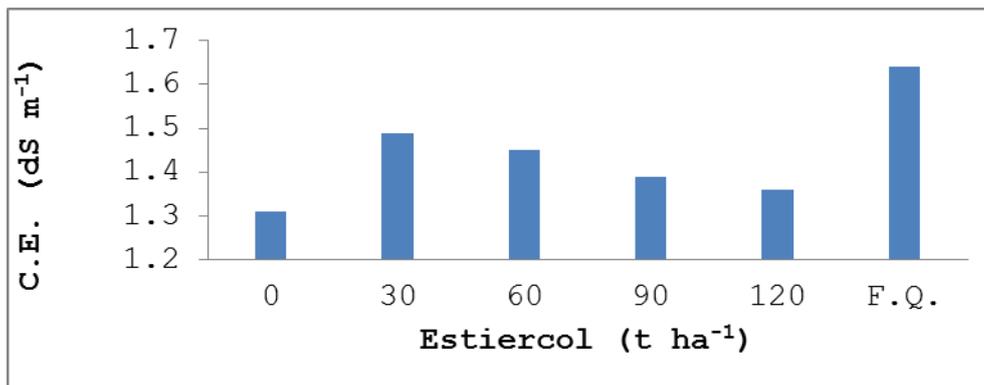


Figura4. Conductividad eléctrica entre tratamientos de estiércol en el cultivo de tomate. CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.

Nitratos del suelo

El análisis de varianza realizado para la determinación de nitratos mostro una $pr > F$ de 0.0001, en los tratamientos de estiércol encontrándose el valor más alto en la dosis de 120 t ha⁻¹ con 661.25 ppm (partes por millón), Figura 5, seguido de la fertilización química con 618.75 ppm, en la dosis de 90 t ha⁻¹ se encontraron 587.5 ppm, el cual fue seguido por el testigo con 573.75, el cual fue mayor a la dosis de 30 y 60 t ha⁻¹ de estiércol, siendo el valor más bajo de estos la dosis de 60 t ha⁻¹ que la de 30 t ha⁻¹ de estiércol con 546.25 y 518.75, respectivamente. La diferencia mínima significativa en la prueba de medias fue de 133.78.

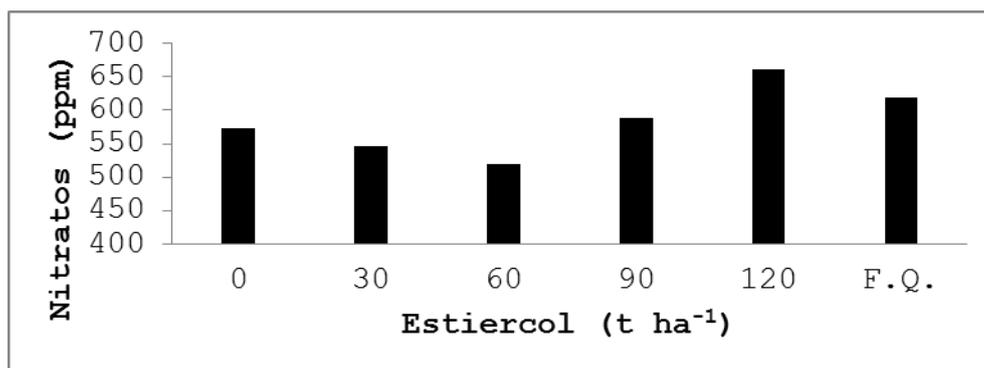


Figura 5. Nitratos en el suelo en la primera quincena en el cultivo del tomate. CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.

Conclusiones

Con respecto al rendimiento los mejores tratamientos fueron el de 60 y 90 t ha⁻¹ de estiércol solarizado aplicado al suelo con un rendimiento de 76 y 71 t ha⁻¹ de tomate respectivamente y el que menos rendimiento presento fue el testigo con 62 t ha⁻¹, que quedo de manifiesto el efecto residual que tuvieron las aplicaciones de fertilizante químico anteriores, razón por la cual el testigo presento estos rendimientos por lo que respecta a los factores conductividad eléctrica, nitratos y potencial hidrógeno,

se incrementan a medida que se incrementa la dosis de estiércol y por lo tanto el rendimiento disminuye.

Literatura citada

- Castellanos R., J. Z. y Peña C., J. J. 1990. Los nitratos provenientes de la agricultura: Una fuente de contaminación de los acuíferos. *Terra* 8 (1): 113 – 126.
- Salazar Sosa E., Cirilo Vázquez-V., Héctor Idilio Trejo Escareño y Oscar Rivera Olivas (2003). Aplicación manejo y descomposición del estiércol de ganado bovino. *Agricultura orgánica*. 1997: 18-36.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2002). Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca Lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Lerdo. Dgo.
- Katan J, 1987. Solarización del suelo. En: Chet I, ed. *Innovadoras Aproximaciones a la Planta de Control de enfermedades*. Nueva York, EE.UU.: John Wiley, 77-105.

APLICACIÓN DE ESTIÉRCOL BOVINO SOLARIZADO AL SUELO Y FERTILIZACIÓN FOLIAR EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ FORRAJERO

Fortis Hernández, Manuel¹; Preciado Rangel, Pablo¹; Segura Castruita, Miguel A.¹; Orozco Vidal, Jorge A.¹; Vázquez Cervantes, Luis A.²; García Hernández, José L.²; Antonio Gonzales, Jacob³ y Chavarría Galicia, José A.¹.

¹Instituto Tecnológico de Torreón (ITT-DGEST), Torreón, Coah. México. ²Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). Gómez Palacio, Dgo. ³Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA). Texcoco, Edo. de México.

E-mail: fortismanuel@hotmail.com

Trabajo Financiado por: **DGEST 2010**

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la aplicación de diferentes dosis de estiércol bovino solarizado y fertilización foliar en la producción de maíz con el propósito de reutilizar el estiércol que se genera en grandes cantidades en la Comarca Lagunera. El estudio se realizó en el Ejido "Fasno del Norte", Municipio de Francisco I Madero, Coah., durante el ciclo primavera-verano de 2010. Se evaluaron tratamientos de estiércol y aplicación de 1 L ha⁻¹ de fertilizante foliar en maíz forrajero variedad San Lorenzo, con un diseño de parcelas divididas. En las parcelas grandes se evaluó la aplicación de fertilización foliar con y sin (CFF y SFF) y en las parcelas chicas se evaluaron tres dosis de estiércol: 40, 60 y 80 t ha⁻¹; además de un tratamiento con fertilización química (200-100 N-P₂O₅) y un testigo. Las variables evaluadas fueron: a) Rendimiento de forraje verde y materia seca, b) Contenido de materia orgánica, conductividad eléctrica, nitratos y amonio en suelo. Los resultados indicaron que la aplicación de 1 L ha⁻¹ de fertilización foliar orgánica y la incorporación de 80 t ha⁻¹ de estiércol bovino solarizado al suelo genera los mayores rendimientos de forraje verde (50.17 Mg ha⁻¹) y materia seca (17.56 Mg ha⁻¹); superando al tratamiento químico en un 8 %. La aplicación de abonos orgánicos incrementa la presencia de nitratos y amonio lo que permitiría no aplicar nitrógeno al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola.

Palabras clave: *Zea mays*, nitratos y amonio.

Abstract

The objective of the present work was to evaluate the application of different doses from solarized manure bovine and foliar fertilization in the corn production in order to reuse the manure that is generated in great amounts in the Comarca Lagunera region. The study was realized in the Ejido "Fasno del Norte", Municipality of Francisco I Madero, Coah., during the cycle spring-summer of 2010. Manure bovine treatments were evaluated and application of 1 L ha⁻¹ of foliar fertilizer on corn forage production variety San Lorenzo, with a split-plot in a randomized block design. In the large plot was evaluate the application of foliar fertilization with and without (CFF and SFF) and in the small plot three doses of manure were evaluated (40, 60 and 80 t ha⁻¹); besides a treatment with chemical fertilization (200-100 N-P₂O₅) and a witness. The evaluated variables were: a) Corn forage yield and dry matter, b) Content of organic matter, electrical conductivity, nitrates and ammonium in soil. The results indicated that the application of 1 L ha⁻¹ of organic foliar fertilization and the doses of 80 t ha⁻¹ generates the majors yields of corn forage (50.17 Mg ha⁻¹) and dry matter (17.56 Mg ha⁻¹), surpassing to the chemical treatment in a 8 %. The application of organic fertilizers increases the presence of nitrates and ammonium which would allow not to apply nitrogen at least at the beginning of a new agricultural cycle.

Key Words: *Zeamayz*, nitrates, ammonium.

Introducción

La Comarca Lagunera es la principal Cuenca lechera del país por su gran producción de leche, reportes señalan dos millones de litros diarios, más de 228,774 cabezas en explotación y 442,945 en inventario (SAGARPA, 2010). Lo anterior, impacta en la demanda de forrajes para la alimentación del ganado, así como de otras fuentes alternativas de alimentos. En México, los forrajes constituyen una de las fuentes más económicas de nutrientes; a pesar de su bajo contenido de proteínas y minerales su

valor nutrimental es compensado por su alto contenido de fibras, por lo que su producción es una actividad muy importante. En la región los forrajes que en mayor superficie se cultivan son: alfalfa(39794 ha), maíz forrajero (28627 ha), sorgo(16407 ha), avena(8407 ha) y zacate ballico(549 ha), siendo el cultivo de maíz forrajero bajo riego el que ocupa un lugar de suma importancia en el patrón de cultivos(SAGARPA, 2010).

Sin embargo, la existencia de una gran cantidad de cabezas de ganado ha generado la producción de 1'200,000 toneladas de estiércol base seca lo que plantea un reto para su aprovechamiento. Una alternativa, que por muchos años se ha utilizado, es aplicarlo al suelo para mejorar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo tratando de reducir la utilización de fertilizantes químicos, disminuir los costos de producción y reduciendo los índices de contaminación(Castellanos *et al.*, 1996). Se considera que el manejo adecuado del suelo mediante prácticas de incorporación de estiércol trae una serie de ventajas tales como; reducir las pérdidas del suelo y agua, incrementa la retención de humedad en climas áridos y semiáridos, incrementando la resistencia a la erosión eólica e hídrica, mejora la estructura y la calidad del suelo. Además, el estiércol incorporado al suelo incrementa el contenido de materia orgánica. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del estiércol solarizado y la fertilización foliar sobre las propiedades físico-químicas del suelo, el rendimiento y calidad de maíz forrajero variedad San Lorenzo.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en el ciclo agrícola primavera-verano del 2010, en el ejido —Fasno del Norte”, perteneciente al municipio de Francisco I Madero, Coahuila localizado geográficamente entre los paralelos 25° 43'15" de Latitud Norte y 103° 15'07" de Longitud Oeste y a una altura sobre el nivel del mar de 1,150 m. El clima según la clasificación de Köppen modificado por García (1981), es seco desértico o estepario cálido con lluvias en verano e invierno frescos. La precipitación pluvial es de 258 mm y la temperatura media anual es de 22.1°C, con rango de 38.5°C como media máxima y 16.1°C como media mínima. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm. La presencia de las heladas ocurren de noviembre a marzo y raras veces en octubre y abril, mientras que la presencia de granizada se da entre mayo y junio.

Los factores de estudio fueron A = Fertilización foliar (Con y sin fertilización; CFF, SFF) y B = Aplicación de dosis de estiércol solarizado (40, 60 y 80 t ha⁻¹); además se considero un testigo absoluto y un testigo con fertilización química (200-100-00 N-P₂O₅). El diseño experimental fue bloques al azar con arreglo en parcelas divididas; siendo la parcela chica (B) las dosis de estiércol y la parcela grande (A) la fertilización foliar orgánica, se consideraron cuatro repeticiones. Los análisis estadísticos de ANOVA y comparación de medias por la prueba de Tukey ($P < 0.05$) se llevaron a cabo en el programa estadístico SAS ver. 9 (2007). El cultivo se estableció en parcelas experimentales de 3 X 5 m, la separación entre surcos fue de 76 cm y entre plantas de 15 cm. La parcela útil para la determinación de las variables evaluadas fueron los dos surcos centrales.

El estiércol se obtuvo del establo Compuertas del ejido del mismo nombre y fue solarizado en el Campo Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED, la duración del proceso fue de seis meses utilizándose plástico transparente calibre 1000 sin albedo de alta transmisibilidad. Un mes antes de la siembra y posterior al barbecho y nivelación laser del terreno fue aplicado el estiércol solarizado a los tratamientos evaluados; posteriormente fue incorporado al suelo con un paso de rastra a una profundidad de 20 cm. La siembra se llevo a cabo el día 28 de febrero a tierra —venida”, utilizando la variedad de maíz blanco San Lorenzo cuyas características son: gran adaptabilidad a diversos ambientes, alta producción de grano, ideal para ensilaje por su alta calidad de forraje, grano blanco de ciclo intermedio, con una altura de planta de 1.78 a 1.95 m y resistente al acame. Para el riego del cultivo se utilizó agua de pozo aplicado por el sistema de multicompuertas aplicando una lámina total de 65 cm; riego de pre siembra 20 cm y tres riegos de auxilio de 15 cm.

La fertilización química (200-100-00: N-P₂O₅) fue aplicada con las siguientes fuentes: para nitrógeno fue urea (46-00-00) y fosfato mono amónico MAP (18-46-00); se aplicó todo el fósforo y la mitad del nitrógeno a la siembra y la otra mitad del nitrógeno 49 días después en la primer escarda. El fertilizante foliar aplicado fue un producto orgánico denominado comercialmente @Fertiplus⁺ con

28% de N, 8.5% de P_2O_5 y 14% de K_2O , Azufre (S) 1.35%, Calcio (Ca) 0.19% y Magnesio (Mg) 0.086%; este se aplicó a los 28 días después de la siembra (DDS) y posteriormente cada 15 días hasta completar la dosis recomendada de 1 litro para el cultivo de maíz en 200 litros de agua por hectárea. Las variables evaluadas en el cultivo fueron: altura de planta (cm), rendimiento de forraje verde y materia seca ($Mg\ ha^{-1}$). Las variables evaluadas en suelo fueron; Materia orgánica (%), humedad(%), pH, Conductividad Eléctrica(dSm^{-1}), Nitratos($mg\ kg^{-1}$) y Amonio($mg\ kg^{-1}$). Para analizar materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, Nitratos y Amonio se tomaron muestras de suelo por tratamiento a la profundidad de 0-30 cm; posteriormente se analizaron en el laboratorio siguiendo los procedimientos que marca la NOM-023-RECNAT-2001.

Resultados y Discusión

En relación a los resultados de la parcela grande para las variables rendimiento de forraje verde y materia seca, el análisis de varianza mostro diferencias altamente significativas ($P \leq 0.05$). El Tratamiento con fertilización foliar presento los mayores rendimientos de forraje verde y materia seca con $50.16\ Mg\ ha^{-1}$ y $17.56\ Mg\ ha^{-1}$, respectivamente. Estos valores fueron superiores a los tratamientos sin aplicación de fertilizante foliar en un 3 %. Trinidad y Aguilar (1999) reportaron un incremento promedio del rendimiento de grano de maíz del 17.7% ($2.81\ t\ ha^{-1}$) al aplicar tres aspersiones de NPK vía foliar.

Respecto a los resultados de las diferentes dosis de estiércol (Factor B) sobre las características químicas del suelo, estos se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Comparación de medias para materia orgánica (MO), conductividad eléctrica (CE), nitratos (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) en suelo en la producción de maíz forrajero con tratamientos de estiércol bovino solarizado, fertilización química y testigo.

Tratamientos	MO (%)	CE ($dS\ m^{-1}$)	NO_3^- ($mg\ kg^{-1}$)	NH_4^+ ($mg\ kg^{-1}$)
0 (Testigo)	2.82c	4.21c	8.74c	7.18d
40 $t\ ha^{-1}$	3.46b,c	4.27b,c	16.18b	9.48c
60 $t\ ha^{-1}$	3.97a,b	4.82b	22.97a	11.11b,c
80 $t\ ha^{-1}$	4.25a	5.94a	18.09b	13.41a
200-100-00 (N- P_2O_5)	3.01b,c	2.12c	21.00a	12.60a,b

*Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

En el Cuadro 1, se observa que la materia orgánica fue mayor en el tratamiento de $80\ t\ ha^{-1}$, seguida del tratamiento de $60\ t\ ha^{-1}$; Julca *et al.*, (2006) señalan que el estiércol es una excelente fuente de MO y recomienda su uso para mejorar suelos muy pobres, reportan concentraciones de MO en el estiércol de alrededor de 5%. Respecto a CE el mayor valor ($5.94\ dS\ m^{-1}$) fue encontrado en el tratamiento de $80\ t\ ha^{-1}$, siendo estadísticamente diferente al resto de los tratamientos; este valor es característico de suelos con ligeros problemas de salinidad. En nitratos se encontró diferencia altamente significativa, siendo el mejor tratamiento el de $60\ t\ ha^{-1}$ con $22.97\ mg\ kg^{-1}$, seguido del químico ($21\ mg\ kg^{-1}$); El nitrato es un aceptor de electrones en la desnitrificación, según lo reportan Saleh-Lakha *et al.* (2009), y aun así los abonos de origen animal sólo se mineralizan en menos del 70 % el primer año; respecto amonio el tratamiento de $80\ t\ ha^{-1}$ mostro el mayor valor siendo este de $13.41\ mg\ kg^{-1}$; seguido del tratamiento químico con $12.60\ mg\ kg^{-1}$; ambos valores se consideran en un rango medio.

Respecto a los resultados de las diferentes dosis de estiércol (Factor B), el análisis de varianza muestra diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) para el rendimiento de forraje y materia seca (Figura 1).

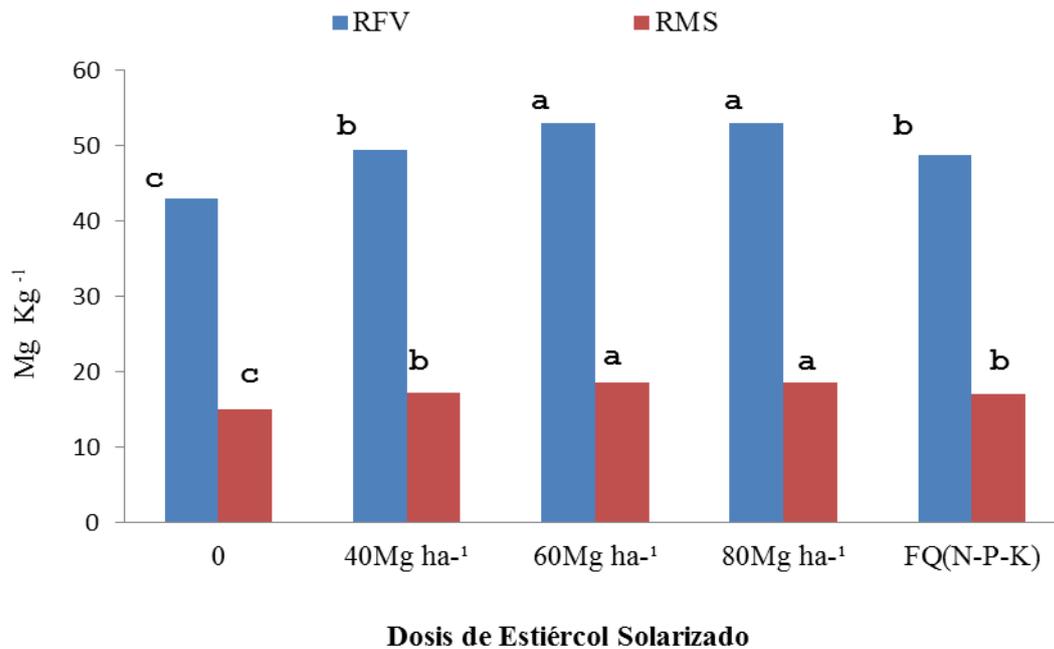


Figura 1. Rendimiento de forraje verde y materia seca en la producción de maíz forrajero con aplicación de diferentes dosis de estiércol.

La comparación de medias realizada por la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) muestra que los mayores rendimientos de forraje verde fueron obtenidos con la aplicación de 80 y 60 t ha⁻¹ de estiércol, con valores de 53.02 Mg ha⁻¹ y 52.97 Mg ha⁻¹ y de materia seca con valores de 18.56 Mg ha⁻¹ y 18.54 Mg ha⁻¹, respectivamente. Estos resultados superaron al tratamiento con fertilización química en un 8 %. Reta *et al.* (2004) obtuvieron rendimientos significativamente mayores con estiércol o vermicompost al igual que Salazar *et al.* (2007) quien obtuvo 19.62 Mg ha⁻¹ con 40 Mg ha⁻¹ de estiércol bovino. Reta *et al.* (2004) registraron rendimientos de 22.1 Mg ha⁻¹ de MS con el uso de estiércol y de 20.2 Mg ha⁻¹ al utilizar fertilizante químico. El incremento en la producción en los tratamientos orgánicos se explica porque el estiércol no sólo retiene la humedad por más tiempo, sino que además es una fuente que libera los nutrientes de manera paulatina a través de todo el ciclo fenológico del cultivo. En el estiércol habría una actividad enzimática constante en durante todo el ciclo, biodegradándolo y liberando iones que están disponibles para plantas y microorganismos (Salazar *et al.*, 2007).

Respecto a la interacción fertilización foliar x dosis de estiércol, los valores obtenidos del rendimiento de materia seca sugieren que en la fertilización química (17.99 Mg ha⁻¹ CFF y 16.08 Mg ha⁻¹ SFF), así como en el testigo (16.61 Mg ha⁻¹ CFF y 13.43 Mg ha⁻¹ SFF) existió un aumento significativo en el rendimiento de materia seca al aplicar fertilización foliar orgánica (Figura 2).

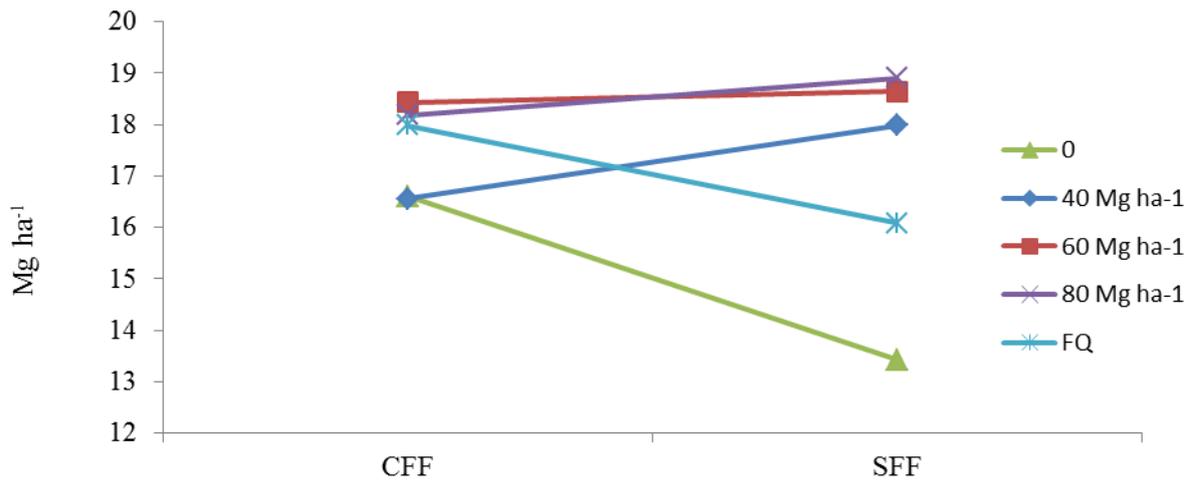


Figura 2. Interacción parcela grande (CFF y SFF) y parcela chica (dosis de estiércol) en la variable materia seca en el cultivo de maíz forrajero variedad San Lorenzo.

Conclusiones

La aplicación de 1 L ha⁻¹ de fertilización foliar orgánica y la incorporación de 80 t ha⁻¹ de estiércol bovino solarizado al suelo presentaron los mayores de rendimiento de forraje verde (50.17 Mg ha⁻¹) y materia seca (17.56 Mg ha⁻¹) en el cultivo de maíz forrajero. Los NO₃⁻ y NH₄ se incrementan al incorporar 60 t ha⁻¹, así como el contenido de materia orgánica. La aplicación de abonos orgánicos incrementa la presencia de nitratos lo que permitiría no aplicar nitrógeno al menos al inicio de un nuevo ciclo agrícola. Las variables evaluadas en suelo (materia orgánica, conductividad eléctrica) se encuentran dentro de los rangos permisibles para el buen desarrollo del cultivo de maíz.

Literatura Citada

- Castellanos, J. Z.; Márquez, J. J.; Etchevers, J. D.; Aguilar, A.; Salinas, J. R. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades del suelo en una región árida irrigada del norte de México. *Terra* 14-2: 151-158.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía, UNAM. México.
- Julca, O A., Meneses, F L., Blas, S R., Bello, A S. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA*(Chile). 24:49-61.
- Reta, S. D. G., J. A. Cueto-W. y U. Figueroa-V. 2004. Efecto de la aplicación de estiércol y composta en maíz forrajero en dos sistemas de siembra. Informe de Investigación. INIFAP. Campo Experimental La Laguna. Torreón, Coah., México.
- Statistical Analysis System (SAS). 1998. SAS for Windows. Release 6-12, versión 4.0.1111. Cary, NC, USA.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2010. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria y Forestal en la Región Lagunera.
- Salazar-Sosa, E., A. Beltrán-Morales, M. Fortis-Hernández, J. A. Leos-Rodríguez, J. A. Cueto-Wong y C. Vázquez-Vázquez. 2003. Mineralización de nitrógeno en el suelo y producción de avena forrajera con tres sistemas de labranza. *Terra* 21: 561-567.
- Saleh-Lakha, S.; Shannon, K. E.; Henderson, S. L.; Zebarth, B. J.; Burton, D. L.; Goyer, C.; Trevors, K. T. 2009. Effect of nitrate and acetylene on nirS, cnorB, and nosZ expression and denitrification activity in *Pseudomonas mandelii*. *Applied and Environmental Microbiology* 75: 5082-5087.
- Trinidad S, A., y Aguilar, M.D. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *TERRA Latinoamericana* 17:247-255.

EFFECTO EN LA PRODUCCIÓN DE ALFALFA (*Medicago sativa*), MEDIANTE PRÁCTICAS DE APLICACIÓN DE FOSFORO (P), EN EL VALLE IMPERIAL

María Isabel Escobosa García¹, Khaled M. Bali², Roberto Soto Ortiz¹, Enrique Salazar³, Luis Fernando Escoboza¹, Adolfo Pérez M. ¹, Víctor Cárdenas S. ¹, Mónica Avilés¹, Raúl De la Cerdal¹, Daniel Araiza¹, Cristina Ruiz A¹, Ángel López¹.

1) Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas, Ejido Nuevo León, Mexicali, Baja California. E-Mail: isabelescobosa@hotmail.com. ;2) University of California Desert Research and Extension Center² en Holtville, CA (UCDREC); 3) Facultad de Agricultura y Zootecnia, de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

Resumen

Durante el período 2004-2008 se realizó un estudio sobre la aplicación de Fósforo en la producción de alfalfa, en el Valle imperial; la alfalfa es el cultivo de mayor importancia (48,293 ha), ocupa el 30% de la superficie en el Valle Imperial, en el riego del cultivo se utiliza 1.3×10^9 m³, se pierde en el drenaje superficial del 15 al 20% del volumen total que se utiliza al regar la alfalfa, y en ella gran cantidad de Nutrientes y sedimentos, entre ellos Fósforo (P), en el estado de California la calidad del agua de drenaje superficial Mediante la utilización del agua de drenaje superficial y la calidad del agua que sea la óptima para utilizarse, se optimizaría el agua de riego en un 98%, se aplicaría menor cantidad de fertilizantes. (Yonts, 2003).

Aproximadamente entre el 15-20% del agua aplicada termina como escurrimiento superficial (Grismer y Tod, 1994; Bali et al., 2001); el uso del agua superficial de cada melga se recicla, haciéndola llegar a un reservorio evitando que llegue al drenaje principal, regresando el agua con un sistema de bombeo al inicio de la parcela, reduciendo de esta forma el agua de drenaje que en un recorrido normal se hubiera sumado a la carga del drenaje principal, logrando bajo este sistema un incremento de eficiencia del agua.

La recuperación y la utilización del agua de drenaje superficial puede eficientar el riego un 20% (Yonts, 2003), el impacto indirecto es disminuir el transporte de herbicidas, insecticidas y fertilizantes, así como el transporte de nutrientes: Fósforo (P) y Nitrógeno (N); Disminuyendo el P en un 50 %, sin afectar la producción.

Introducción

El Valle Imperial está situado en el noroeste del desierto de Sonora. La precipitación es cerca de 76 milímetros por año (Mayberry, 2003), la producción agrícola es totalmente dependiente del agua de riego la cual es derivada del Río Colorado a través del canal Todo Americano y distribuida por el sistema de irrigación más grande en el sur de California. Cerca de 3.45×10^9 m³ del agua del Río Colorado se vierten anualmente para regar más de 202,342 ha, de estas el 80% de las tierra regadas se siembran con los cultivos de alfalfa, trigo y sudán (Agricultural Commissioner, 2008), y de estos la alfalfa ocupa 25% de la superficie, (48,293 ha), en el 2008 (Bali, et al 2011) siendo en el Valle Imperial el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) el más importante en cuanto a superficie; la alfalfa es tolerante a salinidad arriba de 2 deciSiemens por metro (dS/m), después de esta conductividad eléctrica, empieza a disminuir la producción un 7% por unidad de dS/m (Guitjens, 1990)

La descargas de sedimento al drenaje agrícola para el Valle Imperial, es de aproximadamente de 2.5 ton.ha⁻¹ (Bali, 2002), estudios realizados (Haan and Hayes, 1994) en 1993 encontraron para una área de estudio de 65 ha un aporte de sedimentos de 772 kg para alfalfa; otros estudios (Vicent, 1999), concluye que los cultivos de cobertura total como la alfalfa contribuyen con el 20% del aporte total de sedimentos a los drenes, que para caso de alfalfa.

La utilización del agua de drenaje superficial es un método alterno para utilizarse en sistemas de riego, optimizaría el agua de riego en un 98%, y se aplicaría menor cantidad de fertilizantes. (Yonts, 2003). La calidad del agua se refiere a las características de una fuente de agua que influyen sobre su aptitud para un uso específico. Es decir, en que grado la calidad del agua cumple con los requerimientos del

uso al cual se destinará. En la evaluación de la calidad de agua para riego se pone énfasis en las características químicas, aunque el efecto de su aplicación dependerá de otros factores como el tipo de suelo, cultivo a regar y condiciones climáticas (Bresler et al. 1982).

La calidad del agua de riego es fundamental para pronosticar la producción de un cultivo es así que el uso intensivo del P en los sistemas agrícolas es uno de los principales problemas de contaminación en cuerpos de agua receptores, donde es promotor del crecimiento de algas, que acelera el proceso de eutrofización (Wendt and Corey, 1980).

La alfalfa requiere de aproximadamente 16 riegos durante el año, comúnmente con dos riegos entre cada corte. El método de riego utilizado en el Valle Imperial, es de melgas abiertas al pie, durante un riego el flujo de agua derivado a la parcela es cortado generalmente cuando el frente de agua ha alcanzado alrededor del 80% de la longitud del campo, donde aproximadamente entre el 15-20% del volumen del agua aplicada termina como escurrimiento superficial (Meister et al., 2004).

Materiales y Métodos

Ubicación Geográfica

El área de estudio donde se realizaron los experimentos se ubica en el Condado de Imperial (figura 1) localizado en la parte sureste del Estado de California, entre la latitud 32° 44' y las longitudes 115° 25' al oeste. Colinda al norte con el Valle de Coachella y el Mar Salton, al sur con el Estado de Baja California; al este con el Estado de Arizona y Valle de Yuma y al oeste, con el macizo montañoso de la sierra de nevada (Sierra de la Rumorosa) y Condado de San Diego.

Clima

En el Valle en la temporada de invierno se presentan temperaturas medias de 16 oC, mientras que en verano es seco y caliente. El rango de temperaturas va desde -1.1 oC en enero, hasta las máximas de 43 oC en julio y agosto, con temperatura anual promedio de 22.2o C. La precipitación media anual es de 75 mm aproximadamente. La humedad relativa varía de 16-60% (Mayberry, 2003).

Suelo

El tipo de suelo donde se desarrolló el estudio, es serie Imperial, Holtville-Glenbar arcillo-arenoso y contiene 60-70% de la fracción arcilla del tipo montmorillonita (una arcilla mineral con una gran área de superficie). La capa superficial de suelo es arcillo-limoso con 2.14 a 2.74 m de espesor y descansa sobre estrato arenoso. La capa de arcilla tiene baja permeabilidad y la salinidad del suelo es variada con un promedio en los extractos de saturación de 2 a 12 dS.m-1 y una relación de absorción de sodio (RAS) de 5 a 15, la infiltración básica del suelo es del suelo es de .02 mm por día (Zimmerman, 1981).

Material Genético y Manejo del Cultivo

Cultivo: alfalfa

El cultivo establecido en la parcela fue establecido en un lote de 32.5 ha por el productor, siguiendo las recomendaciones de la Universidad de California (Meister et al., 2004), se sembró la variedad CUF 101 con una densidad de 34 kg.ha de semilla, en octubre de 2004 en melgas de 60 m de ancho y 365 m de largo.

≥ 440

Cuadro 1. Aplicación de Fósforo en Octubre de 2004.

↑ Sur

Date	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13 extra
Octubre 2004 Antes de la siembra	S	3*S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

S: Standard: 440 kg.ha-1 de 11-52-0

La programación del riego fue definida por el productor de acuerdo a sus programas de corte y manejo del cultivo, la siembra se realizó en octubre del 2004; en el 2005 el cultivo siguió un proceso normal de riego y en el 2006 iniciaron los muestreos con la mezcla de agua de riego del Río Colorado (75%) y agua de Drenaje(25%), del 15-20% del agua aplicada a la parcela llega a un reservorio. Realizando las

aplicaciones de fertilizantes como a continuación se presenta en el cuadro No 2 en el 2006 v cuadro No 3 en el 2007.

Cuadro 2. Aplicación de Fósforo en Octubre de 2006.

↑ Sur

Date	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13 extra
March 2006	S RR 2	Cero	Cero	Cero	Cero	Cero	S	S RR	S RR	S	Cero	Cero	S
April 2006	Cero	cero	AA 100%	AA 75%	AA 75%	AA 100%	Zero	Zero	Zero	Zero	AA 100%	AA 75%	Cero

S: Standard: 440 kg.ha-1 de 11-52-0

AA: Agua aplicada con (ácido fosfórico)

100%: agua de riego aplicada con-P durante el 100 % de riego

75%: agua de riego aplicada con-P durante el 75 % de riego

RR: Reducción de la escorrentía

FB: Filtro de Banda en 2006/2007

Figure 3.1. Phosphorus application rates and methods in 2006 prior to planting.

Cuadro 3. Aplicación de Fósforo en Octubre de 2007.

↑ Sur

Date	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13 extra
April 2007	S	Cero	Cero	Cero	Cero	Cero	S 4	S 4	S 4	S 4	Cero	Cero	S
April 2007	Zero	Zero	WR 100%	WR 75%	WR 75%	WR 100%	Zero	Zero	Zero	Zero	WR 100%	WR 75%	Zero
October 2007	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA	PA

S: Standard: 440 kg.ha-1 de 11-52-0

AA: Agua aplicada con (ácido fosfórico)

100%: agua de riego aplicada con-P durante el 100 % de riego

75%: agua de riego aplicada con-P durante el 75 % de riego

RR: Reducción de la escorrentía

FB: Filtro de Banda en 2006/2007

AP: Aplicación de precisión basado en las necesidades de la planta (análisis del suelo)

Muestras

Se tomaron 51 muestras del agua por cada riego, para lo cual se utilizó un muestreador que consistía en tubo extendible de 2 m de largo y 1.27 cm de diámetro, donde en uno de sus extremos se sujetaba un recipiente donde se depositaba la muestra, se colectaron en botellas de plástico de 250 mm, se identificaron en forma individual por medio de una etiqueta donde se anotaba el proyecto, fecha, hora, la procedencia y el nombre de la persona que tomo la tomo que incluyen: tres muestras de agua de riego del Río Colorado, tres muestras del agua del agua de Drenaje, tres muestras de la mezcla de agua del Río Colorado con agua de Drenaje, que es el agua que entraba a las 13 melgas en estudio, tres muestras del escurrimiento superficial al pie de cada melga. Todos los escurrimientos de las melgas fluían por gravedad hacia una alcantarilla, donde se toman datos del volumen de agua que se va al dren principal tomando tres muestras de ello y antes de que sigan ese curso se conecta a un reservorio que es donde se almacena el agua de drenaje para ser reutilizado, en total 51 muestras por riego; todas las muestras colectadas, se identificaban y se refrigeraban a una temperatura de 5 °C. Posteriormente en el laboratorio, en un lapso no mayor de 48 horas para evitar que las muestras se degradaran, se determinaron los parámetros de calidad: N, P, turbidez y salinidad, utilizando métodos analíticos estándares (Cuadro 1). Todos los procedimientos de laboratorio se apegaron a las normas de seguridad para laboratorio de la Universidad de California Davis (UCDavis, 2001).

Para determinar la conductividad eléctrica se utilizó un conductímetro Marca YSI M-33, este procedimiento se efectuaba en un lapso no mayor de 48 h después de la toma de muestras, para tal efecto, las muestras de agua se sacaban del refrigerador y se dejaba que adquirieran la temperatura del medio ambiente (23 ± 2 °C). El equipo era calibrado antes de la toma de lecturas de acuerdo a un procedimiento establecido, utilizando soluciones estándares. Los datos estaban expresados en dS.m-1 y se multiplicaba por 640 para transformarlos en Total de Sólidos Disueltos (TSD) en mg/L

Para determinar la concentración de N se utilizó un equipo Marca Hach 2500, aplicando el método de reducción de cadmio, este procedimiento se efectuaba en un lapso no mayor de 48 h después de la toma de muestras. El equipo era calibrado verificado antes de la toma de lecturas de acuerdo a un procedimiento establecido, por medio de soluciones estándares. Los datos se expresaban en mg.l-1 de NO₃-N y para transformarlos en mg/L de NO₃ se multiplicaba por 4.43

Para las determinaciones de fósforo se utilizó un Espectrofotómetro Marca Hach modelo DR/2010, aplicando el método 365.2 (EPA, 1984), este procedimiento se efectuaba en un lapso no mayor de 48 h después de la toma de muestras. El equipo era calibrado antes de la toma de lecturas de acuerdo a un procedimiento establecido, por medio de soluciones estándares. Los datos estaban expresados en mg/L de PO₄.

Para obtener los datos de turbidez se utilizó un turbidímetro marca Hach modelo DR 890, aplicando el método 180.1 (EPA, 1984), este procedimiento se efectuaba en un lapso no mayor de 48 h después de la toma de muestras. Antes de tomar la lectura de las muestras de agua, el equipo se calibraba de acuerdo a un procedimiento establecido, los datos se expresaban en NTU (unidad nefelométrica de turbidez)

Cuadro No 4. Instrumentos analíticos

Parámetro	Método	Unidades	Detección límite	Sensibilidad	Precisión	Exactitud
PO ₄ -	US-EPA 365.2 (Digestión Persulfato)	mg/L	0-3.5	0.01	±5%	±5%
Salinidad	EC (Tanji, 1990)	dS.m-1	0-3.0	0.05	±2%	±5%
NO ₃	Spectrum™ (Método De Reducción De Cadmio)	mg/L	0-30.00	0.01	±5%	±10
Turbidez	US-EPA 180.1	NTU	<0.02	0.01	±10	±10

UCDavis. (2001)

Las pruebas de campo fueron diseñadas bajo el método mejorado de riego (Bali et al., 2001) en la eficiencia del uso del agua y la cantidad de P y N soluble en el agua de escurrimiento superficial. Para los análisis estadísticos entre NO₃, PO₄, CE y NTU y producción, se utilizó la prueba de t de Student; siguiendo las recomendaciones de la Universidad de California (Meister et al., 2004).

Conclusiones

En el presente trabajo la utilización de agua de Drenaje Superficial mezclada con agua de riego, mediante prácticas de aplicación de P no afectó, la producción de alfalfa.

Cuadro No. 4 Concentración y Promedio de Fósforo (PO₄) durante los primeros 6 riegos después de la aplicación de Fósforo en el 2006*

P Tratamientos	Promedio de concentración de P por riego (mg/L)	Promedio de P por riego (kg/ha)
Riego estandar (Melga L7, L10, L13)	25.25	4.89
Riego estandar con P escurrimiento reducido 2006 (Melga L1, L8, L9)	18.32	1.04
Riego estandar con P escurrimiento al 100%(Melga L3,L6, L11)	40.94	7.94
Riego estandar con P escurrimiento al 75% (Melga L4, L5, L12)	46.29	8.97

*sobre la aplicación media de 11.4 cm de profundidad

Cuadro No. 5 Concentración y Promedio de Fósforo (PO₄) durante los primeros 6 riegos después de la aplicación de Fósforo en el 2007*

P Tratamientos	Promedio de concentración de P (mg/L) por riego	Promedio de P por riego (kg/ha)
Riego estándar (Melga L7, L10, L13)	10.72	2.07
Riego estándar con P escurrimiento reducido 2007 (Melga L1, L8, L9)	9.99	0.57
Riego estandar con P escurrimiento al 100% (Melga L3,L6, L11)	21.7	4.2
Riego estandar con P escurrimiento al 75% (Melga L4, L5, L12)	19.93	3.85

*sobre la aplicación media de 11.4 cm de profundidad

El rendimiento promedio de alfalfa en 2006 por todo el campo (peso de 9,5 toneladas por hectárea) es el normal rendimiento esperado en el Valle Imperial. Ninguna de las prácticas de aplicación de P implementadas tuvo consecuencias negativas sobre rendimiento. El rendimiento medio de 2007 fue relativamente baja en comparación con años normales debido a la inusual helada que dañó a todo el campo y muchos campos de alfalfa en el valle; en Enero de 2007 tuvimos temperaturas bajo cero durante más de una semana. El daño de temperatura redujo el rendimiento de alfalfa por.065 toneladas en comparación con el mismo periodo de 2006. Ninguna de las prácticas de aplicación de p en 2007 tuvo cualquier impacto negativo en el rendimiento de alfalfa.

Literatura citada

- AGRICULTURAL COMMISSIONERS. 2003. California Agricultural Statics Service. Summary of county Reports Imperial County. [Ucce.ucdavis.edu/counties/commun/countyagreports.pgl](http://ucce.ucdavis.edu/counties/commun/countyagreports.pgl)
- Bali, K.M., M.E. Grismer y I.C. Tod. 2001. Reduced-Runoff Irrigation of Alfalfa in Imperial Valley, California. *Journal Of Irrigation And Drainage Engineering* / May/June 2001 / pp 123-130.
- BALI, K. M. 2002. Reduce Pollution with Proper Fertilizer Timing. University of California. Agriculture & Natural Resources. Cooperative Extension, Imperial County. <http://ucanr.prg/delivers>.
- BRESLER, E.; B. L. MCNEAL AND D. L. CARTER. 1982. Saline and sodic soils: GRISMER M. E. AND BALI, K. M. 2001. Reduced-Runoff Irrigation of Sudan Grass Hay, Imperial Valley, California. *American Society of Civil Engineers, Journal of Irrig. & Drain. Engr.* Vol. 127, No. 5, 319-323.
- EPA, 2004. Guidelines for Water Reuse, 625/R-04/108
- EPA. 1984. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. Method 365.2 .
- EPA. 1984. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. Method 180.1 .
- EPA. 1984. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes. Method 160.2

- GUITJENS JC. 1990. Alfalfa. In: Irrigation of Agricultural Crops. ASA Monograph No. 30 p 537-68.
- IID. 1993. Imperial Irrigation District. <http://www.iid.com/water/irr-agriculture.html>
- MAAS, E. V. AND G. J. HOFFMAN. 1977. Crop Salt Tolerance-Current Assessment. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, ASCE 103 (IR2):115-134.
- MAYBERY, K.S., AND MEISTER H. 2003. University of California Cooperative Extension. Cost of production, Fields Crops.
- BALI, K. M., NATWICK, E. T 2011. Guidelines to production costs <http://ceimperial.ucdavis.edu>.
- RICHARDS, L. A. 1982. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de agricultura N° 60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
- RHOADES, J. D. 1972. Quality of water for irrigation. Soil Sci. 113: 277-284.
- UCDAVIS. (2001). Universidad de California, Davis, Chemical Laboratory Safety Manual). <http://ehs.ucdavis.edu>.
- UCDAVIS. 2001. Effect of salt Precipitation on Historical and projected Salinities of the Salton Sea. Summary Comments from workshop at the University of California Riverside. Riverside California. http://www.lc.usbr.gov/saltsea/pgl_files/saltprl.pgl.
- VICENT, F. M. 1999. Watershed scale sediment yield estimation from surface irrigated agriculture: Imperial Valley, California. Department of Geography The University of Utah.
- WENDT, R. C., AND COREY. 1980. Phosphorus variations in surface runoff from agricultural lands as a function of land use. J. Environ. Qual. 9:130-136
- YONTS D. (2003). Tailwater la recuperación y la reutilización. Enciclopedia de la ciencia del agua. http://72.14.203.104/translate_c?hl=es&u=http://www.informaworld.com/smpp/196869974616928081/content~content%3Da713541944~db%3Dall~order%3Dtitle&prev=/search%3Fq%3Dtaiwater%2Brecovey%26start%3D10%26hl%3Des%26sa%3DN/smpp/196869974616928081/title~content%3Dt713172978~db%3Dall%3Fstem%3D9/smpp/196869974616928081/title~content%3Dt713172978~db%3Dall%3Fstem%3D10

EFFECTO DE DOSIS CRECIENTES DE NITRÓGENO EN EL CRECIMIENTO DE *Agave potatorum* ZUCC

Ramírez-Santiago Pánfilo, **Velasco-Velasco Vicente Arturo**, Ruiz-Luna Judith, Enríquez-del Valle José Raymundo, Campos-Angeles Gisela Virginia y Montaña-Lugo María Lesly.
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Nazareno Xoxocotlán, Oax.
Tel. y fax 951 51 7 07 88/51 7 04 44
vicvel5@hotmail.com

Resumen

Con la finalidad de evaluar el crecimiento del *Agave potatorum* Zucc cuando recibe dosis crecientes de nitrógeno (0, 5, 25, 50, 75, 100 y 125% en base a la solución universal de Steiner), se establecieron plantas de seis meses de edad en cubetas de 15 L. Se usó tepexintle como sustrato y un Diseño Completamente Aleatorio con seis repeticiones. Se aplicó la solución universal Steiner con los diferentes incrementos de nitrógeno. A los seis meses de realizado el trasplante, a las hojas de cada planta, se evaluó el número, el ancho y la longitud de la hoja desde la base hasta el ápice, el ancho y el número de espinas. Las plantas a las que se les suministró el 100% de N presentaron el mayor número de hojas (14), los mayores valores en número de espinas (951), ancho (4.7 cm), longitud de la hoja (13.8 cm), peso fresco (67.1 g) y peso seco (6.3 g); así mismo en el diámetro, peso fresco y seco del tallo (2.8 cm, 12.4g y 4.3 g, respectivamente).

Palabras clave: *Solución nutritiva, deficiencia de N, Maguey*

Abstract

In order to evaluate the growth of *Agave potatorum* Zucc when receiving increasing doses of nitrogen (0, 5, 25, 50, 75, 100 y 125% based on Steiner's universal solution), was conducted the following study was to establish plants of six months on buckets of 15 L. The substrate used was tepexintle under the completely randomized design with six repetitions. Universal solution was applied Steiner to different rates of nitrogen. After six months of the transplant done, the leaves of each plant was evaluated the number, width and length of leaf from base to apex and number of spines. The plants that received 125% of nitrogen showed the highest number of leaves (14), which were given and 100% had the highest values in number of spines (941), width (4.7 cm) leaf length (13.8 cm), fresh weight (67.1g) and dry weight (6.3 g), likewise in diameter, fresh and dry weight of stem (2.8 cm, 12.4 g and 4.3 g respectively).

Keywords: *nutrient solution, N deficiency, Maguey*

Introducción

En Oaxaca las plantas de agave son de gran importancia económica y cultural, principalmente en comunidades rurales, ya que son fuente de diversos productos, por ejemplo: alimento (gusanos de maguey, insectos, etcétera.), bebidas fermentadas y destiladas (aguamiel, pulque, mezcal, tequila, bacanora y comiteco, entre otros), medicinas, combustible, plantas de ornato, fibras para cuerdas o calzado (ixtle), abono, implementos agrícolas, químicos, materiales para construcción de viviendas y en eventos ceremoniales entre otros (García y Martínez, 1994).

En los Valles Centrales del estado de Oaxaca las tierras cultivables son relativamente escasas, ya que se encuentran en las zonas áridas y semiáridas del estado, siendo el Agave que sin requerir cuidados considerables se adapta perfectamente a estas condiciones que presenta la entidad, permitiendo la existencia de gran cantidad de especies de este género (Sánchez *et al.*, 2007).

Algunos creen que los Agaves por ser plantas que se adaptan a lugares áridos y semiáridos, no requieren ser fertilizados (Enríquez, 2009). Sin embargo, es indudable que para lograr un mayor rendimiento, necesita al igual que todas las plantas, un medio rico en nutrientes, agua disponible y óptimas condiciones climáticas (Sánchez *et al.*, 2007).

La fertilización del maguey para la producción agrícola juega un papel muy importante, sobre todo al utilizar dosis adecuadas para un apropiado crecimiento y evitar alguna deficiencia durante su desarrollo. Las principales razones de por qué ésta práctica de la fertilización no está generalizada

entre los productores son el desconocimiento sobre sus fuentes, dosis, forma de aplicación, además de los altos costos.

La marcada carencia de uno o varios nutrientes puede provocar un desarrollo anormal de la planta. Estos abarcan desde un reducido rendimiento hasta la debilidad severa de las plantas, síntomas específicos en hojas, tallo (piña) y raíz, anomalías internas como obstrucción de conductos, retardo de la madurez y baja calidad del producto (Hernández, 2003).

El nitrógeno es el elemento de mayor influencia en el crecimiento de cualquier cultivo. Por lo anterior, en el presente estudio se evaluó el efecto de dosis crecientes de nitrógeno en el crecimiento del *Agave potatorum* Zucc.

Materiales y Métodos

Ubicación del área de estudio

La presente investigación se realizó en los invernaderos del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), localizado en la Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca. Se ubica en las coordenadas 96° 44' longitud Oeste, 17° 02' 35" latitud Norte y a una altitud de 1530 metros sobre el nivel del mar. La zona posee un clima semiseco con lluvias en verano, la temperatura media anual es superior a los 18°C (INEGI, 2005).

Diseño experimental

El laboratorio de micropropagación del ITVO proporcionó plantas de *Agave potatorum* Zucc de cinco meses de edad.

Los tratamientos consistieron en el incremento de la dosis de N tomando como base la Solución Universal de Steiner (1984), esto es 0%, 5%, 25%, 50%, 75%, 100% (Testigo) y 125%.

Los reactivos utilizados fueron: Nitrato de amonio (NH_4NO_3) que es el fertilizante que se incrementó en la proporción correspondiente, Sulfato de potasio (K_2SO_4), Fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4), Sulfato de magnesio ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), Sulfato de calcio ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), Cloruro de calcio (CaCl_2), Mezcla de micronutrientes y Fe EDTA. El pH se ajustó a 5.5 con NaOH o HCl 1N.

Los tratamientos se distribuyeron en un Diseño Completamente Aleatorio (DCA) con seis repeticiones, la unidad experimental fue una planta en un bote de 15 L con tepexintle como sustrato previamente lavado, los riegos variaron en función de la humedad observada en los botes (15 a 20 días).

Variables de estudio

Las variables que se evaluaron fueron número de espinas, número de hojas desplegadas, largo y ancho de la hoja, diámetro del tallo (piña), longitud y volumen de raíz, peso fresco y peso seco en hoja, tallos y raíces, los datos se tomaron al inicio y a los 180 días de instalado el experimento.

Resultados y discusión

En el transcurso del experimento no se destruyeron plantas con la finalidad de darle continuidad a la investigación; a los 180 días de instalado el estudio se tomó una planta al azar de cada tratamiento, para obtener datos de hoja, tallo y raíz, y poder realizar los análisis en laboratorio. Por ser una muestra de cada tratamiento no se le pudo realizar un análisis de varianza. Por ello se procedió a compararlo con los datos iniciales.

Observaciones fenotípicas de la planta

Los agaves que no recibieron nitrógeno expresaron una reducción de la coloración verde en las hojas maduras que posteriormente se tornaron verde pálido a amarillo y el tamaño en las hojas y en las raíces fue menor en comparación con las plantas que recibieron 5% N, el tratamiento con el 25% desarrolló una coloración verde oscuro en la planta, la raíz fue más abundante, que en los tratamientos anteriores, debido a que este elemento se mueve con facilidad en la planta y se desplaza hacia las hojas más jóvenes; también presentó una disminución en el crecimiento de la misma.

Las plantas que recibieron 50, 75 y 100% de N mostraron un mejor desarrollo en color, número de hojas y espinas, largo y ancho de la hoja. Lo anterior puede deberse a que dosis adecuadas de N favorecen el sistema fotosintético, la composición estructural, la formación de aminoácidos (Alcántar, *et al.*, 2007; Marschner, 1995) y en general, el crecimiento de las plantas.

Variables cuantificables

Hojas: el número de hojas fue influenciado por la cantidad de este elemento en la planta, ya que el nitrógeno es vital en todos los procesos fisiológicos (Alcántar, *et al.*, 2007). El incremento de nitrógeno se reflejó en el número de hojas, donde al incrementar la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, se incrementó de 6 a 14.

La importancia que tiene este elemento es que participa en todas las reacciones enzimáticas y en los procesos metabólicos de la planta, por ello intervienen de manera directa en todo el desarrollo (Alcántar, *et al.*, 2007). En este estudio, se observó que el mayor número de espinas lo mostraron las plantas que recibieron el 100% de N (951 espinas) con respecto a las plantas que recibieron menor concentración de este elemento (400 espinas).

La ausencia de este elemento mostró un desarrollo lento en los tejidos, el cual se reflejó en la longitud (8.0 cm) y ancho (4.2 cm) de la hoja. Las hojas son las partes más ricas en nitrógeno bajo la forma nítrica (NO_3^-) y amoniacal (NH_4^+), por lo que la disminución de este elemento afectó el crecimiento en peso fresco (25 g) y seco (2.5 g). Cuando una planta presenta suficiente cantidad de nitrógeno en los tejidos vegetales hay mayor crecimiento en toda su estructura fisiológica (Cadahia, 2007). En general, las plantas a las que se les suministró el 100% de N presentaron el mayor número de hojas (14), los mayores valores en número de espinas (951), ancho (4.7 cm) y longitud de la hoja (13.8 cm), peso fresco (67.1 g) y peso seco (6.3 g); así mismo en el diámetro (2.8 cm), peso fresco (12.4 g) y seco (4.3 g) del tallo.

Diámetro del tallo: el diámetro, el peso fresco y peso seco se incrementaron en la medida que se aumentó la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, esto es, 2.8 cm de diámetro con el 100% de N; 13.8 g de peso fresco y 3.7 g de peso seco con el 125% de N.

Raíz: ésta creció conforme se aumentó la concentración de N en la solución nutritiva, a excepción de la concentración de N al 125% donde la planta disminuyó la longitud, peso fresco y seco de la raíz, quizás por qué el N ya estaba causando alguna toxicidad. Con el 100% de N se obtuvo 37.0 cm de longitud, 14.0 g de peso fresco y 2.6 g de peso seco.

Conclusiones

Las plantas regadas con solución al 100% de N, presentaron en las hojas los más altos índices en número de espinas, largo y ancho, peso fresco y peso seco; así mismo en el diámetro del tallo, longitud de raíz, peso fresco y seco en ambas partes de la planta. El número de hojas aumentó al incrementar el porcentaje de N en la solución nutritiva.

Literatura citada

- Alcántar, G.G., L. Trejo-Telles, Fernández P. L. y Rodríguez M. M. N. 2007. Elementos esenciales. Nutrición de cultivos. Alcántar, G. G., L. Trejo-Telles (coordinadores). Ed. Mundi-Prensa, México, S.A. pp. 8-9.
- Cadahía, L. 2005. Fertirrigación cultivos hortícola y ornamentales. Tercera edición. Editorial Mundi-Prensa. España Pp. 475.
- García, P. F. y J. B. Martínez. 1994. Introducción a la fisiología vegetal. Ediciones Mundi-Prensa. España. p. 218.
- Hernández, G. 2003. Crecimiento en vivero de vitroplantas de *Agave angustifolia* Haw bajo sustratos orgánicos y fertiriego. Tesis de maestría en ciencias. Instituto Tecnológico Agropecuario. No. 23. Nazareno, Oaxaca. p. 26.
- INEGI. 2005. Principales resultados por localidad. II conteo de población y vivienda. World Wide Wrd electrónica publicación.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. London Academic Press.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution, ISOSC Proceeding. Sixth International Congress on Soilless Culture. Lunteren Wageningen the Netherlands. pp. 633-650.
- Enríquez, V. J. 2009. La propagación y crecimiento de Agaves. SEP. Fundación Produce Oaxaca. A. C. Oaxaca, México. pp. 6-13.
- Sánchez P. G., C. Molinos-Silva, Alcántar G. G. y Sandoval M. V. 2007. Diagnóstico nutrimental en plantas. In: Nutrición de cultivos. Alcántar, G. G., L. Trejo-Téllez. Ed. Mundi-Prensa, México, S.A.

TRATAMIENTO DE DESPERDICIOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA EL USO AGRÍCOLA EN IXQUITLÁN, MÉXICO

Lenom Cajuste Bontemps^a, C. Fabiola Franco Ortega^b, Zaira Jazmin Antonio Garcia^b, Adriana Zamara Cardenas Ramirez^b, David Emmanuel Elizalde Cervantes^b.

a.- Colegio de Postgraduados, Montecillo, Mexico 56230.

b.- Escuela Preparatoria Oficial # 207, Ixquitolán, San Martin de las Piramides, Mexico, 55855.

Resumen

El problema de los desperdicios sólidos es uno que afecta a todas las comunidades a nivel mundial, e Ixquitolán no es la excepción. Los desperdicios sólidos, sean orgánicos o inorgánicos, ocupan un volumen que incrementa con el paso del tiempo; y que aunado a su disposición están los riesgos de contaminación ambiental e infección sanitaria. La particularidad de la zona de estudio se circunscribe a que se ubica en una zona agrícola donde esta actividad ha ido disminuyendo por la falta del recurso hídrico, a pesar de contar con un temporal suficiente para la producción de cultivos y vegetación xerófila. La idea central es utilizar los desperdicios sólidos de origen orgánico como colchón en el suelo para almacenar agua disponible para las plantas y asegurar una producción de cultivos rentables. La clave del éxito de esta propuesta está en controlar la acidez del material, para no alterar negativamente la productividad de los suelos. En esta fase se caracterizó el material a utilizar como colchón, y se ubicaron predios en donde se realizó e muestreo de suelos y desperdicio orgánico. Los resultados preliminares indican que la acidez del suelo no varía significativamente, al incorporar el colchón sobre el suelo cultivado. Además se observó que el uso del colchón disminuye la evaporación de la humedad del suelo y proporciona humedad de manera paulatina al suelo mismo. Se utilizarán bioensayos (experimentos de invernadero) para simular las condiciones de campo reales y demostrar que el uso de colchones orgánicos originados de desperdicios es una alternativa para disminuir el volumen mismo de los desperdicios sólidos y aumentar la producción de cultivos en zonas áridas.

Introducción

Los desperdicios sólidos representan un riesgo ambiental cuando su confinamiento no es una opción viable, ya que pueden constituirse en un foco de contaminación. En el caso de desperdicios sólidos de origen orgánico, el riesgo de infección y contaminación es mayor debido a la reactividad del material en general en medios donde su exposición puede causar su descomposición e interacción con seres humanos.

Una de las alternativas para controlar dicho riesgo y exposición es su incorporación en suelos de zonas agrícolas, ya que los microorganismos del suelo tienen la capacidad de mineralizar el material orgánico con un riesgo mínimo de infección y contaminación.

Ixquitolán es una localidad perteneciente al Municipio de San Martín de las Pirámides, cuya actividad principal es la agricultura nopalera; puesto que se ubica en una zona desértica, donde la cantidad de lluvia es típica de zonas áridas. Por lo anterior, el mayor desperdicio orgánico producido proviene del cultivo de nopal.

El poblado de San Pablo Ixquitolán se encuentra alrededor de las coordenadas centrales 19°42'36" latitud Norte y 98°47'18" longitud Oeste (Figura 1), a una altitud promedio de 2340 msnm. Los poblados principales más cercanos a la localidad son Otumba al Este y San Martín de las Pirámides al Oeste.

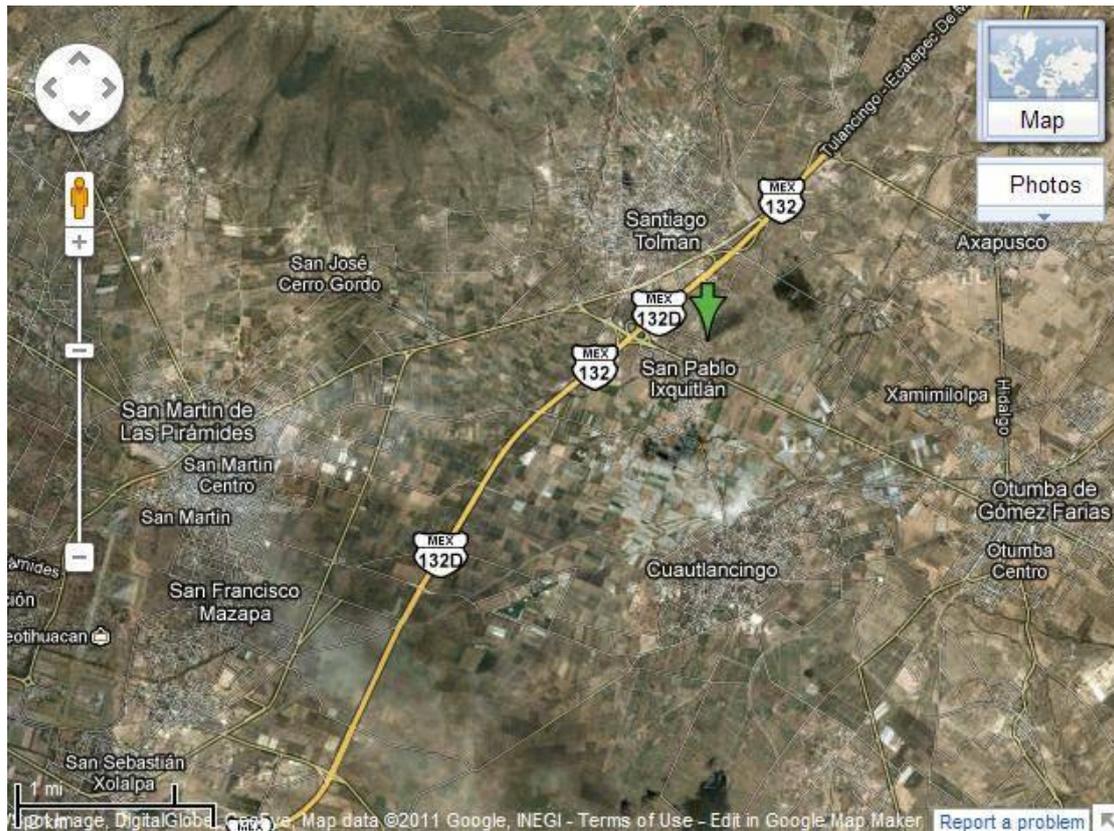


Figura 1. Localización de San Pablo Ixquitlán (cortesía Google Maps2011).

Area de Estudio

El área de estudio se localiza alrededor de las coordenadas $19^{\circ}42'33''$ latitud N y $98^{\circ}47'15''$ latitud W, a una altitud promedio de 2323 msnm. Como se mencionó anteriormente, el clima es seco (BS) con pocas lluvias en verano y menor cantidad de lluvia en invierno.

La temperatura media anual es de 14.8°C y la precipitación media acumulada anual es de 514.3 mm (Figura 4). La vegetación corresponde a matorral xerófilo, siendo el nopal (*Opuntia* spp.) una de las especies más abundantes en la región.

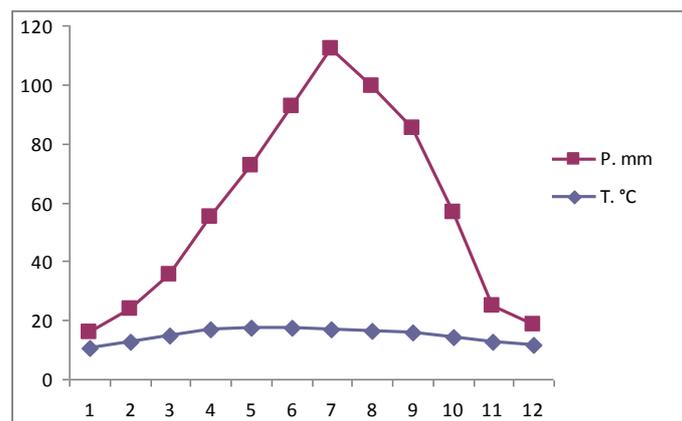


Figura 4. Climograma del Área de Estudio.

Los suelos son pardos, de texturas medias, profundos y con desarrollo incipiente. La actividad agrícola, seguida de la comercial es de las principales en la zona.

El nopal es un miembro de la familia de las cactáceas (cactus), de la clase opuntia. Se presenta a menudo en forma de arbustos o plantas rampantes. El origen del nopal viene del valle de Tehuacan, Puebla. Restos de semillas de frutas y algunos pedazos de nopal han sido descubiertos datados de hace

700 años. Según especialistas, las primeras culturas del nopal remontan hace aproximadamente 5000 años.

El nopal verdura tradicionalmente ha sido de los alimentos de mayor consumo del pueblo mexicano, tanto que en los últimos años se ha incrementado su demanda, principalmente en las áreas urbanas.

Objetivos

Como objetivo general se plantea conocer cómo la aplicación del desperdicio del nopal a los suelos agrícolas incrementa la retención de humedad en éstos y determinar estrategias que puedan minimizar los daños a las propiedades del suelo por la acidez introducida vía el desperdicio del nopal.

Como objetivos específicos, se plantea caracterizar las propiedades físicas y químicas del colchón, incluyendo su composición, métodos de aplicación y control de la acidez, y monitorear el desarrollo de cultivos índice con y sin el efecto del colchón mencionado.

Procedimiento

Descripción de Parcelas

Las parcelas seleccionadas (Figura 5) cubrieron los requisitos de ser ocupadas con el cultivo más importante en el área (nopal) y de contar con y sin colchón.



Figura 5. Ubicación de las parcelas y sitios de muestreo.

Muestreo en campo

Muestreo del desperdicio.-

Se seleccionó un lote de desperdicio para su colecta (Figura 7). La cantidad colectada correspondió a un kilo en una bolsa con desperdicio "picado" y otro kilo con el material sin "picar".



Figura 7. Lote de desperdicio donde se hizo la colecta de nopal.

Muestreo de suelos.- Se utilizó una barrena de muestreo (Figura 8) para obtener muestras de suelos a 15 cm de profundidad. La cantidad colectada por sitio correspondió aproximadamente a 15 Kg.



Figura 8. Barrena de muestreo de suelos con pivote.

Conservación de la muestra

La muestra de desperdicio se mantuvo bajo refrigeración en bolsa de plástico para evitar su descomposición. Posteriormente se procedió a su caracterización.

Las muestras de suelo fueron secadas al aire bajo sombra y preservadas para realizar análisis físico-químicos para su caracterización y uso en los bioensayos.

Caracterización del colchón

Al colchón se le determinó color, textura, densidad, proporción de materia seca y retención de humedad, como parámetros físicos; además se le determinó el pH, la conductividad eléctrica, carbono total, y nitrógeno total, como parámetros químicos. Finalmente se determinó su composición en términos de proteínas, carbohidratos y minerales.

Caracterización de suelos

A las muestras de suelo se les caracterizará con la serie convencional de propiedades físicas y químicas descritas en Sparks et al, 1996.

Preparación de los Bioensayos

Se establecieron dos bioensayos para evaluar en diferentes fases la bondad del colchón construido con desperdicios de nopal.

El objetivo del primer bioensayo fue evaluar la capacidad de retención de humedad y disminución de la evaporación hídrica del suelo. Para ello se establecieron cinco tratamientos, cada tratamiento con un distinto nivel de riego, y en uno de los tratamientos (con la menor frecuencia de riego) se le aplicó un colchón de nopal de 25 mm de espesor. Los tratamientos quedaron constituidos de la siguiente manera:

1. Colchón de nopal con un solo riego semanal de 25 mm
2. Sin colchón, con un riego diario de 25 mm
3. Sin colchón, con un riego cada dos días, de 25 mm
4. Sin colchón, con un riego cada tercer día, de 25 mm
5. Sin colchón, con un riego cada cuarto día, de 25 mm

El diseño experimental constó de tratamientos completamente aleatorizados. Cada tratamiento constó de dos repeticiones. En cada unidad experimental (repetición) se utilizó una charola con 25 x 10 receptáculos, donde cada receptáculo contuvo una plántula de jitomate (*Lycopersicon esculentum*). En si, cada repetición se constituyó con 250 plántulas de jitomate. El sustrato utilizado fue una mezcla compuesta de suelo de cuatro parcelas de la región. La duración del primer bioensayo en invernadero fue de seis semanas. Como variables de respuesta se tomaron la altura media, un índice de color, y el peso fresco y seco de la parte aérea.

El segundo bioensayo tuvo como objetivo evaluar la capacidad de aporte nutrimental y retención de humedad del colchón. Para ello se utilizó suelo de cuatro parcelas y se bloqueó este factor. Los tratamientos constaron de un factor: colchón, con dos niveles: con y sin colchón. El total de tratamientos por sitio fue de dos, dando un total de ocho tratamientos para el experimento. Para cada tratamiento se designaron tres repeticiones, lo que dio un total de 24 unidades experimentales. Cada unidad se preparó con un recipiente al cual se le agregó 50 gramos de suelo tamizado con una malla de 2 mm de diámetro. Para los tratamientos con nopal se agregó 10 gr de nopal picado, lo cual

incubación previo, que se contempla en el tercer y último experimento en invernadero, y analizar los resultados de dicha incubación.

Resultados Preliminares del Primer Bioensayo

Todavía se están evaluando los parámetros de respuesta. Sin embargo, a nivel visual se pudo apreciar los efectos de aplicar nopal con riego semanal y los riegos distanciados en tiempo sin la aplicación del mismo, tal y como se muestra en la figura 13. La aplicación de nopal casi produjo un efecto similar al tratamiento de riego diario en plántulas de jitomate, y de mayor vigor comparado con los tratamientos de riegos no diarios.



Figura 13. Comparación de la aplicación de nopal contra riegos distanciados en tiempo.

Además se estima que la aplicación de nopal funcionó como bio-fertilizante, al permitir obtener crecimientos similares que el tratamiento #2. Al realizar un análisis visual más cercano entre tratamientos #1 y #2 (Figura 14), se observa que el tratamiento con nopal tiene menos vigor; todavía no sabemos si se deba a la aplicación en fresco como se realiza en campo o por un grado de stress hídrico muy leve.



Figura 14. Comparación de vigor en plantas de tratamientos #1 (con nopal, riego semanal) y #2 (sin nopal, riego diario).

Pudiera ser que después de aplicarse el nopal en fresco, tiende a descomponerse en un lapso de una semana, produciendo aparentemente hongos que pudieran minimizar el crecimiento de las plántulas de jitomate. El segundo experimento nos aportará más datos sobre este hecho.

Analizando el color de la plántulas (hojas de jitomate), se calculó un índice de color que es la diferencia normalizada de las luces verde y rojo que emiten las plantas en contacto con la luz solar. Los resultados de diez repeticiones (hojas de plántulas bien desarrolladas) por tratamiento se

promediaron para construir la gráfica de la figura 15, donde se observa la eficiencia del nopal para retener humedad en el suelo.

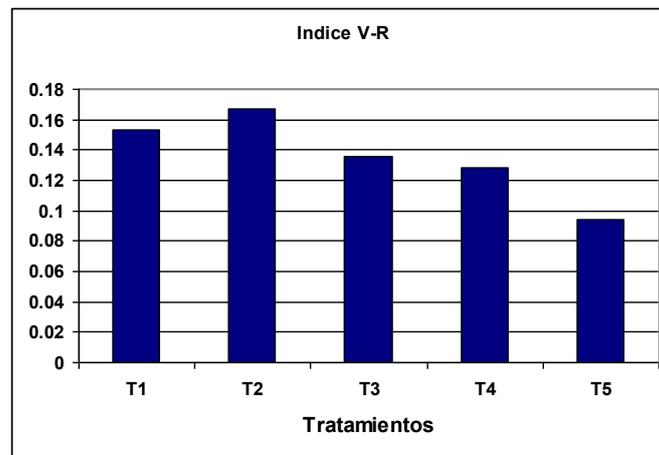


Figura 15. Análisis gráfico del índice de color para los cinco tratamientos.

Como se puede observar el colchón solo fue superado por el riego diario. Esto significa que el colchón permite evitar en buena medida el marchitamiento progresivo de la planta con riegos semanales. Los valores de peso fresco y seco todavía no se han obtenido, puesto que se tiene que restar el peso de suelo adherido y se tienen las muestras en proceso de secado. Sin embargo, los datos de altura ya están disponibles y se presentan en la figura 16. Se tomaron nuevamente la altura de diez plántulas por tratamiento y se promediaron para producir la gráfica anterior citada. Como se puede observar, el efecto del nopal no es tan evidente, comparado con el caso anterior.

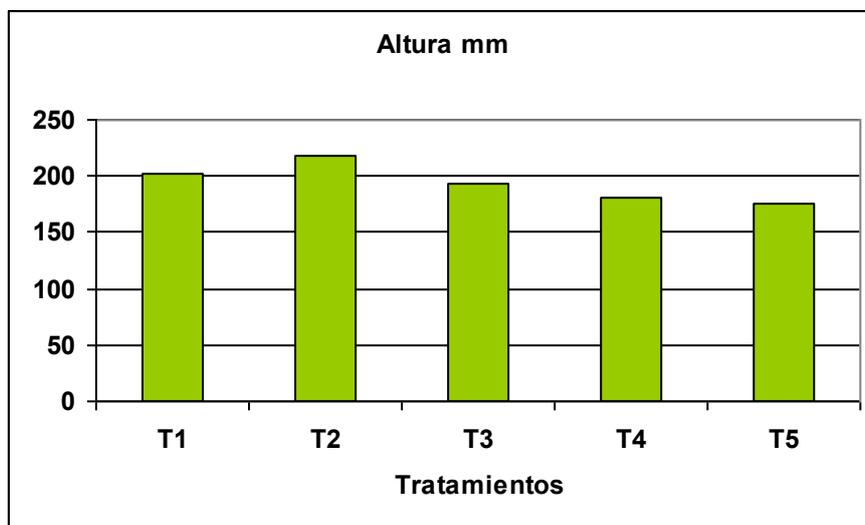


Figura 16. Análisis gráfico de altura promedio de plántulas en los cinco tratamientos.

Talvez sea mejor indicador el número de hojas y tamaño de hojas que el parámetro de altura; sin embargo, consideramos el peso fresco y seco de las plántulas será un mejor indicador que la altura de las plántulas.

Resultados Preliminares del Segundo Experimento

Determinación del Contenido de Humedad

La determinación del contenido de humedad aprovechable a capacidad de campo es necesaria para evitar abastos de agua diferentes en los tratamientos. Como se pudo observar en el Cuadro 3, las porosidades totales y el porcentaje de humedad aprovechable total varían ligeramente entre los cuatro

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

sitios. Para ello, se determinó a calcular los porcentajes de humedad aprovechable a capacidad de campo. Lo que se realizó fue humedecer las muestras y dejarlas drenar el excedente de agua (algo similar en campo después de dos días nublados de intensa lluvia); posteriormente se someten a un tren de vacío que permite la retención de agua a 0.03 ATM, por lapso de un minuto. Una vez obtenido esto se procede a verter las muestras en botes de peso conocido, tal como se realizaría en campo.

Al concluir este proceso se pesaron 4 diferentes muestras de las cuales se realizaron 2 repeticiones para obtener el porcentaje de humedad de cada sitio y así poder determinar el agua de riego, antes de introducir las al horno se pesaron cada uno de los recipientes con suelo y después de 24 hrs se volviera a pesar.

El promedio de humedad de las muestras de los cuatro sitios fue el siguiente:

Cuadro 5. Promedios de humedad aprovechable (%) a capacidad de campo en los cuatro sitios.

Sitio	H.A. (%)
1	15.01
2	14.14
3	16.68
4	14.17

Resultados Preliminares del Segundo Bioensayo

Todavía se están evaluando los parámetros de respuesta en este bioensayo. Sin embargo, ya se tienen efectos notorios a nivel visual del efecto del nopal a comparar las unidades con y sin aplicación de nopal. La figura 17 ilustra dichos efectos en plántulas de col después de dos semanas de crecimiento.



Figura 17. Comparación de vigor en plántulas sin (izquierda) y con (derecha) aplicación de nopal.

Debido al periodo corto de crecimiento, la diferencia en vigor no es muy perceptible entre tratamientos. Sin embargo, con comparaciones a nivel de sitio (Figura 18), la diferencia es más evidente. Es muy posible que al final del bioensayo, las diferencias en parámetros de crecimiento sean más significativas y evidentes sobre las bondades del colchón.



Figura 18. Comparación de los tratamientos para dos repeticiones del sitio #1.

En cuanto a las otras variables como altura, número de hojas, peso fresco y seco, se realizarán al término del bioensayo.

Por lo que respecta al análisis del color, se tomaron nuevamente hojas muestra (Figura 19) para calcular el mismo índice empleado en el primer bioensayo. Visualmente se aprecia una disminución en la actividad fotosintética en las plántulas de col sin aplicación de nopal.



Figura 19. Comparación de color de hojas en plántulas de col sin (izquierda) y con (derecha) aplicación de nopal.

Esta diferencia traducida en una disminución de color se muestra en la figura 20 donde se observa de manera significativa el efecto positivo del colchón en condiciones de stress hídrico.

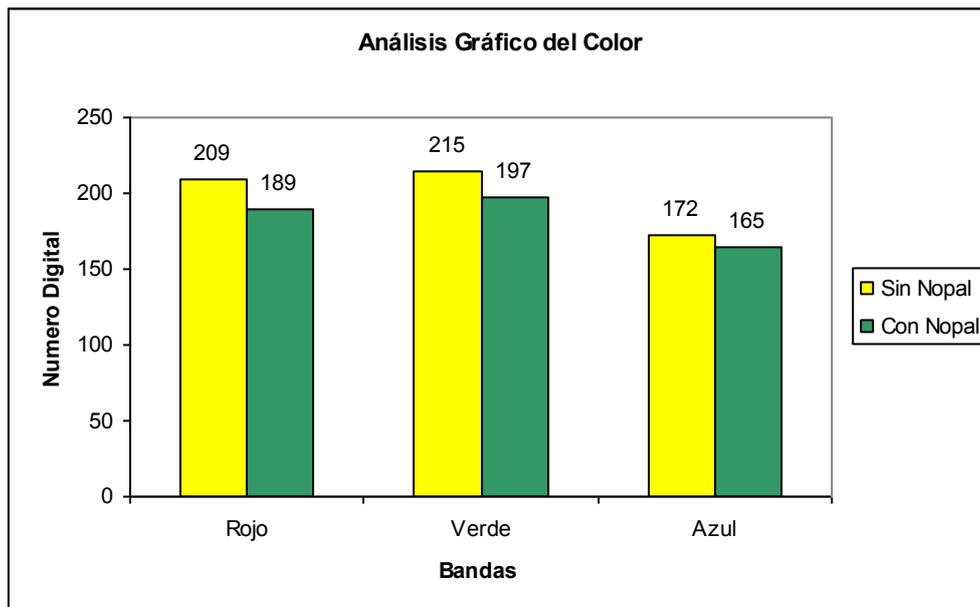


Figura 20. Análisis gráfico del color de hojas de plántulas de col en tres regiones de luz visible.

Como se puede observar, la hoja de menor actividad fotosintética presenta colores pálidos que tienden a reflejar luz en casi todas las regiones o bandas del espectro visible, por lo que se acercan más al color blanco, comparado con hojas sanas que tiende a reflejar menos luz en cualquier región o banda del espectro visible, a excepción del verde, razón por la cual las planta tienden a tener ese color. La figura 20 reafirma esta teoría al presentar en tres bandas valores menores la hoja bajo aplicación de nopal, comparada con la hoja sin aplicación de nopal como colchón amortiguador de la pérdida de humedad en el suelo.

Literatura citada

- Boixadera J., y R. Teira (2001). Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Universidad de LLeida. Catalunya.
- Borrego E., F. y Burgos V. N. (1986). El nopal. Univ. Aut. Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Bravo - Hollis, H. (1978). Las cactáceas de México. 2ª ed Vol. 1 U.N.A.M. México.
- CONAZA. (1992). Aspectos técnicos y socioeconómicos del nopal *Opuntia* ssp. Serie: Fichas técnicas de especies forestales. (Mimeografiado) Saltillo, Coah., México.
- Daniel, F.J. (2007). Thorny mexican food staple gains fame as Folk Cure. Reuters
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2010). Mapa Digital de México. <http://www.inegi.org/redirect:http://gaia.inegi.org.mx/mdm5/>
- Servicio Meteorológico Nacional (2000). Normales Climatológicas. Comisión Nacional del Agua, México, D.F.
- Solis, F. y E. Velásquez (1999). Las delicias del maíz y el nopal. Ed. Iberoamericana. México, D.F.
- Sparks, D. et al. (1996). Methods of Soil Analysis Part 3. ASA, SSSA Series 5. Madison.
- Varnero, T y V. Cortazar (2006). Producción de bio-energía y fertilizantes a partir de los nopales. DE: C. Saenz (ed). Utilización agroindustrial del nopal. Publicación FAO No 162 Capítulo 8 pp: 113-120. Roma.
- Kueppers, H. (1982) The Basic Law of Color Theory. Barron Publ. New York.
- INEGI (2010). Censo de Población y Vivienda. Gobierno Federal. Aguascalientes.

RESPUESTA DE *Begonia elatior* A LA APLICACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS COMPOSTEADOS

Ruiz-Bello, Alejandrina¹; Rodríguez-Mendoza, M. de las Nieves¹
Colegio de Postgraduados¹. alexr@colpos.mx

Resumen

La importancia de los residuos orgánicos radica en su capacidad de abastecer nutrientes y mejorar las condiciones físicas del suelo. Sin embargo, su uso intensivo ha despertado interés relacionado con posibles desbalances nutricionales en suelos e introducción de contaminantes. Las plantas ornamentales, por ser buscadas más por su valor estético que alimenticio, representan una oportunidad para el aprovechamiento de residuos orgánicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de *begonia elatior* a la aplicación de estiércol y residuos vegetales, con el fin de apoyar la producción de esta y otras especies de *begonia*. El experimento se realizó en invernadero bajo un diseño experimental completamente al azar; los tratamientos consistieron en suelo como testigo, y mezclado con 25 y 50% compost de estiércol bovino, ovino, y residuos vegetales. Se midieron los nutrientes en los sustratos y en planta. Durante el desarrollo del experimento se presentaron heladas que provocaron la muerte del 40% de plantas, lo que permitió evaluar el efecto de los diferentes materiales sobre la sobrevivencia a las heladas; esta fue significativamente mayor en los tratamientos con estiércol ovino. La dosis más alta (50%) de estiércol bovino produjo resultados similares que el testigo. Las mezclas con estiércol ovino tuvieron las concentraciones más altas de Cu, Mn, y Zn así como las plantas desarrolladas en estos sustratos. La respuesta de la especie *begonia elatior* en cuanto a sobrevivencia a heladas y absorción nutrimental, fue positiva a la aplicación de estiércol ovino y bovino, no así a los residuos vegetales.

Palabras clave: micronutrientes, *begonia*, compost.

Abstract

The importance of organic residues stands on its capacity for supplying nutrients and to enhance soil physical conditions. However, its use in increasing rates has raised concern about possible nutrient unbalances and contaminant inputs. Since they are sought because of their aesthetic rather than nutritional value, ornamental plants are an opportunity for using organic residues. The objective of this paper was to evaluate the response of *begonia elatior* to composted manure and plant residues, aimed to support the production of this and other *begonia* species. The experiment was established under greenhouse conditions in a completely randomized statistical design. Treatments consisted in soil alone and mixed with 25 and 50% composted cow and sheep manure, composted plant residues were also included. Nutrients in plants and substrate mixtures were measured. During the experiment there were frosts, which caused the death of 40% plants which permitted to evaluate the effect of residues on plant frost resistance; this was highly significant in those treatments with sheep manure compost. The higher proportion (50%) of cow manure and soil treatment had similar results. The highest concentration of Cu, Mn, and Zn were in mixtures containing sheep manure as in plants growing in those substrates. *Begonia elatior* response concerning frost resistance and nutrient absorption was positive to sheep and cow manure. No positive results were obtained with plant residues.

Key words: micronutrients, *begonia*, compost.

Introducción

La importancia de los residuos orgánicos como fuente de nutrientes ha sido documentada desde el inicio del estudio de los suelos (Porta et al, 2003). Sin embargo, la aplicación intensiva de este tipo de materiales como fertilizantes, ha despertado gran interés desde la década de los 90's, llegando inclusive a regularse su uso (Walker, 2005) debido a los riesgos que representan como fuente de contaminantes, incluyendo excesos o desbalances nutrimentales en los suelos (Stuykens and Hofman, 1997; Michiels et al. 1997). El

producción de plantas (Hoitkin et al. 2005) sumándose además, a los mecanismos de disposición de basuras de naturaleza orgánica biodegradable (Labrador, 1996). Por otro lado, las plantas ornamentales representan una oportunidad para el aprovechamiento de residuos orgánicos

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

composteados, considerando que las personas las buscan no por su valor alimenticio sino por su valor ornamental (Yue et al. 2011). Se han hecho estudios de diversos materiales orgánicos en diversas plantas ornamentales, encontrando que la respuesta varía con la especie (Erdogan et al. 2011). Este trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta de *begonia elatior*, a la aplicación de estiércol de ganado bovino y de ovino, así como de residuos vegetales composteados, con el fin de apoyar la producción de esta y otras especies de *begonia* para su producción en maceta.

Materiales y métodos

El experimento se inició en octubre de 2010, estableciéndose en invernadero bajo un diseño experimental completamente al azar, con 13 repeticiones. Los tratamientos consistieron en residuos composteados, de estiércol de ganado bovino (EB), ovino (EO) y de residuos vegetales (RV). Los materiales composteados se mezclaron con suelo agrícola en proporciones de 25 y 50% compost. El tratamiento testigo consistió en 100% suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1: Tratamientos generados de la mezcla de suelo con 25 y 50% de tres materiales composteados.

Suelo	EB	EO	RV
----- Porcentajes -----			
100	00	00	00
75	25	00	00
50	50	00	00
75	00	25	00
50	00	50	00
75	00	00	25
50	00	00	50

EB: estiércol de bovino EO: estiércol de ovino RV: residuos vegetales

La variable independiente fue el contenido de compost y micronutrientes en los tratamientos. Las variables dependientes consistieron en el desarrollo y contenido nutrimental en la planta. El trasplante se realizó el primero de octubre con plantas de un mes de edad.

Un mes después del trasplante (4 a 6 de noviembre) se presentaron heladas severas con temperaturas entre -2 y -13°C (reportes en la Cd. de México y en el Campus Montecillo). El día 13 de diciembre se volvieron a presentar heladas con temperaturas promedio en la Cd. de México de -7 °C. Las primeras heladas dañaron en diversos grados el 14 % de plantas, mostrándose el daño en las hojas maduras, mientras que hojas más recientes y brotes permanecieron verdes. El segundo período de heladas aumentó el daño hasta el 40% de las plantas. Debido a que se observaron algunas tendencias, se contaron las plantas sobrevivientes para evaluar si las compostas tuvieron algún efecto en la sobrevivencia de las plantas.

Se muestrearon hojas de las plantas sobrevivientes para analizar el contenido de nutrientes

Resultados y discusión

El cuadro 2 muestra el contenido de nutrientes en los tratamientos y el porcentaje de sobrevivencia de plantas a las heladas registradas. La respuesta en resistencia a las heladas fue significativamente mayor en los tratamientos con compost de estiércol de ovinos. La dosis más alta (50%) de estiércol de bovino produjo resultados similares que el suelo solo. El compost de residuos vegetales no favoreció la resistencia, produciendo siempre las plantas más débiles.

Cuadro 2. Contenido nutrimental promedio en los tratamientos y sobrevivencia de plantas a las heladas.

sobrevivencia Trat.	%			mg.kg ⁻¹				%	
	N	P	K	Cu	Mn	Fe	Zn		de plantas
EB25%	1.50	0.67	1.22	0.35	2.06	62.06	1.37	0	
EB50%	2.00	0.72	1.23	0.22	2.10	44.36	1.24	30	
EO25%	1.51	4.31	0.78	0.44	5.58	47.57	6.12	50	
EO50%	1.76	4.37	1.02	0.42	4.35	33.56	5.42	55	
RV25%		0.80	0.03	0.04	0.16	0.98	13.16	0.58	0
RV50%		1.40	0.34	0.82	0.29	1.97	36.60	1.05	0
Suelo	1.11	0.90	0.77	0.06	0.01	0.14	0.18	25	

EB: estiércol de bovino EO: estiércol de ovino RV: residuos vegetal

Con excepción del Fe, el contenido de Cu, Mn, y Zn también fue significativamente mayor en las mezclas con estiércol de ovino que aquellos con estiércol bovino, residuos vegetales y el suelo.

El contenido de nutrientes en planta se muestra en el cuadro 3. Las concentraciones de Cu, Mn, y Zn fueron significativamente mayores en plantas en donde los sustratos contenían estiércol, tanto de ovino como de bovino.

Cuadro 3. Contenido nutrimental en planta (hoja más joven completamente desarrollada)

Trat.	N	P	K	Cu	Mn	Fe	Zn	
	%							mg.kg ⁻¹
EB25%	2.7	0.56	2.4	15	49	86	47	
EB50%	3.4	0.70	2.5	17	41	84	34	
EO25%	2.7	0.30	2.7	16	95	87	62	
EO50%	3.5	0.70	5.0	20	98	83	52	
RV25%		2.5	0.20	2.0	4	24	41	28
RV50%		2.5	0.28	2.4	6	24	46	21
Suelo	2.7	0.30	2.3	5	33	41	25	

EB: estiércol de bovino EO: estiércol de ovino RV: residuos vegetal

Conclusiones

La especie *begonia elatior* respondió positiva y significativamente a la aplicación de estiércol de ganado ovino y bovino, no así a los residuos vegetales composteados. La respuesta se reflejó en el contenido de nutrientes en la planta así como en la resistencia que mostraron a las bajas temperaturas que se presentaron durante el desarrollo del experimento (de -13 a -2 °C). Los mejores resultados en las variables registradas se dieron con estiércol ovino.

Literatura citada

- Ahmed, Y. M., Shalaby, B. A. and Shanan, N. T. 2011. The use of organic and inorganic culture in improving vegetative growth, yield characters, and antioxidant activitie of roselle (*hibiscus sabdariffa*, L.) African Journal of Biotechnology. Vol: 10 Issue:11 pp. 1988-1996.
- Erdogan, R., Zaimoglu, Z. Budak, F. Koseoglu, C. 2011. Use of sewage sludge in growth media for ornamental plants and its effects on growth and heavy metal qaccumulation. Journal os food and Afgriculture&Environment. Vol: 9 Issue: 2 pp: 632-635.
- Hoitkin, H. A., M. S. Krause, y D. Y. Han. 2005. Posibilidades y mecanismos que ofrecen los compost en el control de las enfermedades. EN: Utilización de compost en los sistemas hortícolas. (Editores científicos: Stoffella P. J. y Khan B. A.) Ediciones Mundi-Prensa.
- Labrador, M. J. 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Ediciones Mundi-Prensa.
- Michels, J.; I. Verbruggen; L. Carlier; and E. Van Bockstaele, 1997. In and output minerals in Flemish dairy farming; the mineral balance. 11th World Fertilizer Congress. International Scientific Centre of Fertilizers (CIEC). Agricultural and Applied Biological Sciences. University of Gent, Belgium.

- Porta C., J., M. López-Acevedo, M. y C. Roquero de L. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3ª Ed. Ediciones Mundi-Prensa.
- Stuykens F. and g. Hofman. 1997. Animal manure management in sustainable agriculture. 11th World Fertilizer Congress. International Scientific Centre of Fertilizers (CIEC). Agricultural and Applied Biological Sciences. University of Gent, Belgium.
- Walker, J. M. 2005. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Normativas sobre producción y utilización del compost. EN: Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola (Editores Científicos: Stoffella P. J. y Khan B. A.) Ediciones Mundi-Prensa.
- Yue, Ch., Dennis, J. H., Behe, B. K., Hall, C. R., Campbell, B. and Lopez, R. C. 2011. Investigating consumer preference for organic, local, or sustainable plants. Hprtscience. Vol: 46 Issue: 4 pp: 610-615.

PRODUCCIÓN DE MELÓN (*Cucumis melo* L.) CON Y SIN INOCULACIÓN DE MICORRIZAS, EN DIFERENTES DOSIS DE ESTIERCOL SOLARIZADO

Sosa Islas Yesenia², Orona Castillo Ignacio¹, Vázquez Vázquez Cirilo¹, Salazar Sosa Enrique¹
¹ Profesores investigadores del posgrado de la facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. E-mail orokaz@yahoo.com. ² Maestra en Ciencias en Agricultura Orgánica Sustentable.

Resumen

La presente investigación se llevo a cabo en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, con la finalidad de comparar el cultivo de melón var. Cruiser (*Cucumis melo* L.) con y sin inoculación de micorrizas en diferentes dosis de estiércol solarizado (20,40 y 60 t ha⁻¹) con el fin de evaluar si existe un mejor efecto en el cultivo con la micorriza y el estiércol a diferencia del fertilizante químico. Se evaluaron dos factores FA= con y sin micorriza; FB= dosis de; 0, 20,40 y 60 t ha⁻¹ de estiércol solarizado y fertilizante químico (140-80-00 de NPK). Se utilizo sistema de riego por cintilla, el diseño experimental fue al azar, con 10 tratamientos y 3 repeticiones. Midiendo las variables del suelo, pH, materia orgánica, conductividad eléctrica y temperatura del suelo, en cuanto al fruto se midió, rendimiento, diámetro ecuatorial y grados brix. En cuanto a pH el mejor tratamiento fue el 4, en conductividad eléctrica los valores están dentro del rango aceptado para melón, en cuanto a materia orgánica el tratamiento 4 fue mejor, en rendimiento el tratamiento 6 tuvo 172.68t ha⁻¹, para el diámetro ecuatorial no hubo diferencias significativas, para grados brix el tratamiento 6 tiene el mejor valor. Los tratamientos con micorriza y las diferentes dosis de estiércol igualan e incluso superan en calidad y rendimiento al cultivo convencional por lo que se sugiere su uso en este cultivo.

Palabras clave: estiércol solarizado, fertilizante químico, sistema de riego.

Abstract

This study was carried out at the experimental field of the Agronomy and Animal Husbandry Faculty from the Juarez Durango State University. The objective was to compare the melon culture Cruiser variety (*Cucumis melo* L.) with and without mycorrhizal inoculation, as well as at different solarized manure doses (20, 40 and 60 t ha⁻¹) to evaluate if there is or not a better effect on the crop production applying mycorrhizae and manure compared with chemical fertilizers. Two factor FA=with and without mycorrhiza; FB=dose; 0, 20, 40 and 60 t ha⁻¹ of solarized manure and chemical fertilizer (140-80-00 NPK) was evaluated, using subsurface drip irrigation system. The experimental design was the random one, with ten treatments and three repetitions. Factors soil, pH, organic matter, electrical conductivity and soil temperature were measured. From the fruit was measured the equatorial diameter and brix grades. The best pH factor was found out in treatment four; found electrical conductivity values are in the ranges accepted by melon; with respect to organic matter, the best was treatment four; in performance, the best was treatment six, (172.68 t ha⁻¹). For equatorial diameter there was not significant differences. For brix degrees the best values were found in treatment six. Treatments with mycorrhizae and different manure doses were equals and are best than those with chemical fertilizers in quality and performance.

key words: Solarized manure, chemical fertilizers, irrigation systems

Introducción.

El melón es un cultivo anual cuyo fruto es muy apreciado por su sabor y características nutritivas; a nivel mundial, en el año 2008 se logró una producción de 28 millones de toneladas, según FAO, la cual se considera una producción estable por no haber tenido muchas variaciones en años anteriores. En México la producción nacional de melón es de 490 mil toneladas anuales aproximadamente, la cual corresponde en su mayoría al melón tipo Cantaloupe, o mejor conocido como melón chino. En cuanto a los estados destacan principalmente Sonora, Coahuila, Guerrero, Durango y Colima, aunque varían en su producción año con año, y en estos últimos Michoacán y Sinaloa se han unido a la producción de este cultivo.

En la Comarca Lagunera que comprende municipios de Coahuila y Durango la producción de melón se ha adoptado desde hace varios años como un cultivo exitoso, durante el ciclo primavera-verano, su producción es la más importante del país en cuanto a toneladas por hectárea y superficie. En lo que se refiere a la superficie cosechada durante el año 2009 en la Comarca Lagunera fue de 121,404.30 t con un rendimiento de 29.88 t ha⁻¹. La producción de melón se ha visto afectado por los altos costos de producción derivados de las técnicas productivas utilizadas en el cultivo, por lo que se tienen que buscar alternativas de siembra para minimizar tales costos y este siga siendo un cultivo rentable para los agricultores. La utilización de estiércoles y nuevas técnicas de siembra han sido una alternativa viable para mejorar la calidad y la producción. Además se está empleando la inoculación de plantas con micorrizas para tener mejores resultados en la producción del melón.

Objetivo

Evaluar la calidad y productividad de la variedad cruiser de melón (*Cucumis melo* L.) con y sin inocular con micorriza y aplicando estiércol solarizado en diferentes dosis y fertilizante químico.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2010 en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicado en el kilometro 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, ejido Venecia, Gómez Palacio, Durango. Esta área está ubicada entre los paralelos 24°22' y 26° 23' de latitud norte y dentro de los meridianos 102° 00' y 104°47' de longitud oeste, tiene una altura sobre el nivel del mar de 1,110 m.

En dicho experimento se estudiaron las siguientes variables: rendimiento, calidad, diámetro del fruto, temperatura del suelo, conductividad eléctrica y potencial hidrogeno.

Los tratamientos fueron: factor A1= con micorriza y A2 = sin micorriza.

Con interacciones del factor B1= 0 (testigo), B2= 20 t ha⁻¹, B3= 40 t ha⁻¹, B4= 60 t ha⁻¹, B5= fertilizante químico (140-80-00).

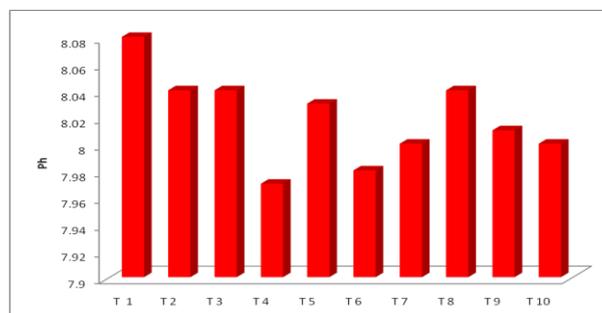
En una unidad experimental con un área de 15m de ancho por 32.4m de largo. Diseño experimental: El arreglo del experimento fue bifactorial y se estableció en el campo un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas teniendo 10 tratamientos y 3 repeticiones, obteniendo un total de 30 unidades experimentales.

Además los datos obtenidos se analizaron en el programa estadístico SAS system español versión 9.0.

Resultados y discusión.

Variables en suelo.

En la siguiente figura se muestran los resultados promedio de potencial hidrogeno para los tratamientos, se observa que los tratamientos 4 y 6 tiene los valores de pH mas tolerables para el cultivo de melón, ya que los demás tratamientos mostraron un incremento considerable de pH el cual al ser mas alcalino es menos tolerable por el cultivo de melón, estos valores son elevados a los reportados por Cardoza, 2009

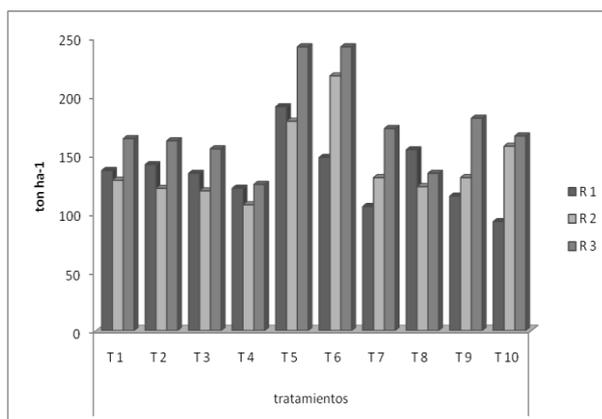


Valores de pH en los 10 tratamientos, para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) bajo tres dosis de estiércol solarizado con y sin inoculación de micorriza. DEP FAZ – UJED, 2010

Variables en planta.

Rendimiento

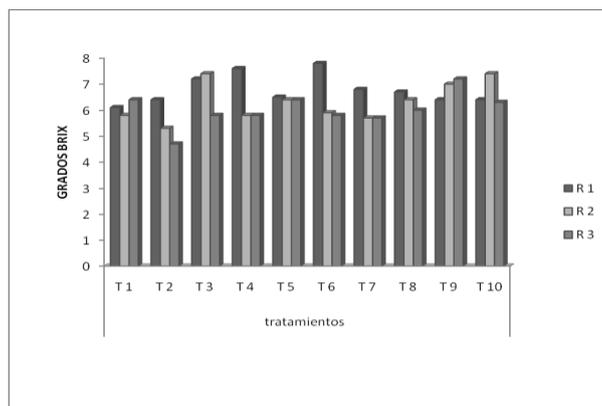
En la figura se muestra que el tratamiento 6 presenta el mejor rendimiento (172.68 t ha^{-1}) a comparación con los demás tratamientos, seguido muy de cerca por el tratamiento 5 (169.63 t ha^{-1}), esto puede deberse a que el tratamiento 6 presentó los mejores resultados en cuanto a variables de suelo se refiere considerando pH y conductividad eléctrica o puede deberse a factores externos o variables que no tomamos en cuenta. Aun así el tratamiento 6 supera en cuanto a rendimiento al tratamiento con fertilizante químico. Aunque no se muestran variaciones en rendimiento en los tratamientos con micorriza con los tratamientos que no fueron inoculados con micorriza, estos valores son muy elevados a los presentados por Puentes, 2009, que encontró que bajo estas condiciones el melón tubo un rendimiento de 70 t ha^{-1}



Rendimiento promedio en los 10 tratamientos y 3 repeticiones para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) bajo tres dosis de estiércol solarizado con y sin inoculación de micorriza. DEP FAZ – UJED, 2010

Grados Brix.

En la imagen se puede observar que el tratamiento 6 repetición 1 tiene los mejores valores de grados brix con 7.8 y el más bajo se presentó en el tratamiento 2, cabe mencionar que estos valores presentan a la variedad cruiser como de mediana calidad en cuanto a grados brix ya que para que cuente con una presentación de alta calidad debe presentar valores de 9 grados brix en adelante. Estos valores pueden deberse al alto rendimiento presentado por esta variedad ya que se tuvieron valores de hasta 172.68 t ha^{-1} estos valores son bajos en comparación con los encontrados por Cano 2002 que reportó valores para esta variedad de hasta 12 grados brix.



Grados brix promedio en los 10 tratamientos y 3 repeticiones para el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) bajo tres dosis de estiércol solarizado con y sin inoculación de micorriza. DEP FAZ – UJED, 2010

Conclusiones.

De acuerdo con los resultados obtenidos se puede concluir: en cuanto a las variables en suelo solo el pH tubo resultados relevantes ya que fueron muy elevados para el cultivo del melón ya que no es tolerante a este tipo de pH los cuales pudieron influir en el rendimiento y calidad del fruto.

En cuanto a las demás variables evaluadas en suelo como materia orgánica, conductividad eléctrica y temperatura no tienen resultados significativos o que hayan afectado el cultivo.

En cuanto al rendimiento el tratamiento 6 presento los mejores valores y los más elevados, esto se puede deber a que el tratamiento 6 presento los valores en cuanto a variables de suelo más tolerables los cuales pudieron influir en los mejores resultados.

En cuanto a grados brix se tiene que son valores de mediana calidad para el fruto del melón, posicionándolo como de mediana calidad, el tratamiento 6 muestra los mejores valores de hasta 7.8 grados brix, esto puede deberse a que la variedad tiene mejores valores de rendimiento, y baja la calidad de grados brix, en lo referente al diámetro del fruto se encontraron valores de 40 a 50cm los cuales presentan un buen tamaño para el mercado.

Además agrego que los tratamientos con estiércol y micorriza mejoraron considerablemente el rendimiento de la variedad cruiser no así la calidad ya que al aumentar el rendimiento se disminuye el sabor y las cantidades de azúcar, por lo que el fruto no fue de calidad en cuanto a grados brix que demanda el mercado.

Literatura Citada.

- Barrer, S. E. (2009). El uso de hongos micorrizicos arbusculares como una alternativa para la agricultura, Facultad de Ciencias Agropecuarias, vol. 7 no. 1
- Cardoza, A. M. I. (2009) producción de melón (*Cucumis melo L.*) orgánico con y sin micorriza y estiércol solarizado, bajo riego por cintilla. Tesis de maestría DEP FAZ-UJED, Pp. 14-15
- Cano R.P. y González V.V.H. (2002). Efecto de la distancia entre camas sobre el crecimiento, desarrollo, calidad de fruto y producción de melón (*Cucumis melo L.*). CELALA-INIFAP-SAGARPA. México. Informe de Investigación.
- Chew M.Y.I. et al (2010) guía para la producción de melón en la región lagunera, INIFAP-CELALA, México, Pp 9
- Puentes G.J. (2009). Producción orgánica de melón (*Cucumis melo L.*) bajo riego por cintilla. Tesis de maestría, DEP FAZ-UJED, Pp 23-24
- SAS institute Inc. (1996) SAS for Windows. Release 6-12 version 9.0 SAS campus drive. North Carolina U.S.A.

RED ESTATAL DE ESTACIONES AGROCLIMATOLÓGICAS DEL ESTADO DE CAMPECHE, MEXICO

Soto Rocha Jesús Manuel¹ y Báez González Alma Delia²

¹Campo Experimental Edzná-CIRSE-INIFAP y ²C.E. Pabellon-LNMySR-INIFAP. E-mail: soto.jesus@inifap.gob.mx

Resumen

En el periodo 2005-2009, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación —SAGARPA”, INIFAP y la Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce —COFUPRO”, implementan el Proyecto Nacional de Estaciones Agroclimáticas en México, en el cual las 835 estaciones meteorológicas automatizadas —EMAS” instaladas actualmente son de la compañía austriaca ADCON TELEMETRY, a la fecha la red de estaciones agroclimáticas del estado de Campeche se compone de 14 estaciones pertenecientes a la FUPROCAM, 4 al Proyecto Nacional Cañero, 7 al Proyecto de Alerta Temprana del CIRSE-INIFAP y una a un productor cañero, lo cual da un total de 26 EMAS instaladas en nueve de los once municipios del estado de Campeche. Las EMAS registran en forma continua y a intervalos de cada 15 minutos, las condiciones del estado del tiempo de las variables temperatura del aire, precipitación, radiación solar, humedad relativa, humedad de la hoja y la dirección y velocidad del viento. Los datos y aplicaciones de las EMAS son presentados en el sitio Web: <http://clima.inifap.gob.mx>.

La Red de estaciones brinda información para apoyar los procesos de producción agropecuaria: 1) Monitoreo meteorológico en tiempo real, 2) Caracterización regional del clima, 3) Aplicación del riego agrícola, 4) Control de plagas y enfermedades, 5) Reducción en el uso de agroquímicos, 6) Apoyo a los pronósticos climáticos para la agricultura, 7) Predicción de la cosecha en función de la tendencia climática, 8) Identificación de áreas con potencial climático para el establecimiento de cultivos alternativos y 9) Generación de registros climáticos en forma sistematizada.

Palabras clave: Proyecto Nacional de Estaciones Agroclimáticas en México, Red de estaciones meteorológicas automatizadas y Monitoreo meteorológico en tiempo real.

Abstract

In the period 2005-2009, the Ministry of Agriculture, Livestock, Rural Development, Fisheries and Food "SAGARPA" INIFAP and the National Coordinator of Produce Foundations "COFUPRO" implement the National Project for agroclimatic stations in Mexico, which the 835 automated weather stations "EMAS" currently installed are of the Austrian company Adcon Telemetry, to date agroclimatic station network in the state of Campeche is comprised of 14 stations belonging to the FUPROCAM, four to the sugarcane National Project, seven to the Project Early Warning CIRSE-INIFAP and one to sugarcane producer, giving a total of 26 EMAS installed in nine of the eleven municipalities of the state of Campeche. The EMAS continuously recorded at intervals of every 15 minutes, the conditions of the weather variables air temperature, precipitation, solar radiation, relative humidity, leaf wetness and wind direction and speed. Data and applications of the EMAS are presented in website: <http://clima.inifap.gob.mx>.

The Station Network provides information to support agricultural production processes: 1) real-time weather monitoring, 2) regional climate characterization, 3) Application of irrigation, 4) Control of pests and diseases, 5) Reduction in the use agrochemicals, 6) Support for climate forecasts for agriculture, 7) Prediction of the crop in terms of climate trends, 8) Identification of areas with potential climate for the establishment of alternative crops and 9) generation of climate records in the form systematized.

Key Words: National Project in Mexico agroclimatic stations, automated weather station network and real-time weather monitoring.

Introducción

La SAGARPA estableció el programa —Red Nacional de Estaciones Estatales Agroclimáticas (EMAS)” con sede en el Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos ubicado en el Campo Experimental Pabellón del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

(INIFAP), en Aguascalientes, Ags., México, Programa al que concurrió el estado de Campeche a través del Campo Experimental Edzna con la finalidad de brindar información meteorológica en tiempo real a los productores para la aplicación de los insumos, mejorar los rendimientos y calidad de los productos mediante el uso de la información generada por las EMAS (Canales, 2000; Rodríguez, 2007; Adcon; Clima-INIFAP).

Basados en la información procedente del Servicio Meteorológico Nacional, existen más de 5000 estaciones meteorológicas distribuidas a lo largo y ancho del territorio mexicano; de ellas 48 se localizan en el estado de Campeche. La principal función de estas estaciones es el registro de la lluvia total en 24 horas y la temperatura máxima y mínima a las 8:00 a. m., aunque también muchas estaciones reportan la evaporación, la presencia de granizadas, dirección del viento y la nubosidad. En vista de lo anterior, la información que genera la red de estaciones del Servicio Meteorológico Nacional, es importante; sin embargo, los productores agropecuarios la están utilizando en forma indiscriminada, sin considerar procedencia, tipo y calidad de datos (Villalpando, 1993; Medina, 2008; Maldonado, 2006 y Soto, 2011).

La información está a disposición a tiempo real en la página Web —www.clima.inifap.gob.mx y con los administradores estatales de Red; para proveer de información meteorológica y climatológica a las cadenas productivas del país, con el propósito de mejorar la competitividad de los agronegocios a través del aprovechamiento del clima que disponen las regiones agroecológicas del país. Esta información técnica agrometeorológica ha permitido ir generando información para la aplicación del Manejo Sitio Específico —Agricultura de Precisión”, enfocadas al manejo del agua, la fertilización y para guiar la aplicación de químicos para el control de plagas y enfermedades, así como otras labores de cultivo, que permitan el manejo sustentable de los recursos naturales (Clima-INIFAP; Torres, 2010).

Materiales y Métodos

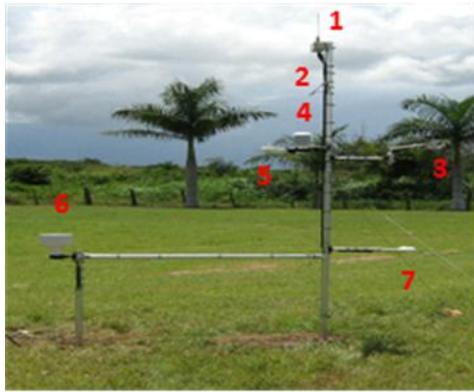
El conocimiento del clima proporciona al agricultor elementos que le permiten tomar decisiones con relación a la aplicación de láminas de riego, dosis de fertilización, aplicación de agroquímicos mediante la detección temprana de condiciones que favorecen el desarrollo de plagas y enfermedades que afectan al cultivo, entre otros, por lo cual se hace imprescindible la operación y mantenimiento de la red de estaciones meteorológica automatizadas del estado de Campeche.

Red Estatal de Estaciones Agrometeorológicas —Red Campeche”. La integración de las distintas bases que componen la Red Campeche se han logrado en un lapso de varios años —periodo 1996-2010”. A continuación se describe la infraestructura, mantenimiento y operatividad de la Red Campeche. La Red funciona a través de tres redes locales, —Red Edzna”, —Red Palizada”, —Red Ingenio la Joya” y la —Red eterna Mococho”, ubicada en el estado de Yucatán, México.

Componentes de las Estaciones Agrometeorológicas. Cada estación está conformada por los siguientes equipos:

- Adwave A733 con antena y baterías
- Panel solar
- Sensor combo para temperatura del aire y humedad relativa
- Sensor de Radiación Solar
- Sensor de Velocidad y Dirección del Viento
- Pluviómetro
- Sensor de humedad de las hojas

Todas las EMAS son de la compañía austriaca ADCON TELEMETRY, seleccionadas en base a la relación costo/beneficio y la robustez telemétrica de los equipos. En la Figura 1 se muestra la distribución de componentes de las EMAS.



1. Adwave A733
2. Panel Solar
3. Velocidad y dirección de viento
4. Combo de Temperatura y HR
5. Radiación Solar
6. Pluviómetro
7. Humedad de la Hoja

Figura 1. Distribución de sensores y configuración de bajo mantenimiento de las estaciones Agroclimatológicas de la "Red Campeche".

Operatividad de la Red de EMAS. La operación del sistema red, se lleva a cabo mediante procesos automatizados, es decir que tanto las estaciones como las bases efectúan automáticamente la toma de datos y la transfieren vía radio a las bases de las redes Edzná, Ingenio la Joya, Palizada y Alerta Temprana ; estas a su vez por comunicación vía Internet la transmiten a los servidores de los laboratorios del C. E. Edzná y del C. E. Pabellón donde se realizan en el primero de los casos los procesos de elaboración de reportes diarios que conforman plantillas con datos primarios, medias y valores acumulados por día, por mes y por año, estos reportes son enviados diariamente al grupo de productores inscritos en el padrón de usuarios y a las dependencias que sirven de medio para la difusión de la información; estos reportes se entregan en forma digital. En el segundo de los casos, la información que es recepcionada en el laboratorio nacional, es trasladada automáticamente a la página Web del INIFAP donde puede ser accesada por el público en general.

En cuanto al mantenimiento de los equipos y sensores de las EMAS y del área en que se encuentran instaladas estas, las labores comprenden el monitoreo de la operatividad de las EMAS, la limpieza de los equipos y sensores, el cambio y calibración de estos y el deshierbe de la superficie de ubicación de la EMA.

Datos meteorológicos generados. Las EMAS generan datos de siete variables —"dirección y velocidad del viento, radiación solar, humedad de la hoja, lluvia, temperatura y humedad relativa".

Resultados y Discusión

Los apartados que corresponden a este punto se refieren al procesamiento de la información meteorológica generada por las EMAS para generación de reportes estatales y la Difusión de la información meteorológica de las EMAS de la Red Campeche en página web.

Generación de Datos Agrometeorológicos. Con los datos meteorológicos crudos se calculan las temperaturas mínimas, máximas, diurnas y nocturnas, la humedad relativa mínimas, máximas, diurnas y nocturnas, intensidad de la lluvia cada 15 minutos o por hora, la velocidad mínima y máxima del viento cada 15 minutos, la evapotranspiración por el método de Penman-Monteith, unidades calor, el promedio y el total de la radiación solar diaria, el número de horas de brillo solar —"ftoperiodo real", las necesidades de agua de ocho cultivos de importancia estatal, además de los acumulados o promedios de los datos de cada 15 minutos según sea el caso en forma diaria, mensual y anual. Los cuales son la base para la generación de boletines semanales, quincenales y mensuales en ambiente SIG.

Difusión y aplicaciones de la información Agrometeorológica de las EMAS estatales. Al momento, la información que generan las estaciones está disponible en la página Web del INIFAP cuya dirección es: <http://www.clima.inifap.gob.mx>, —"figura 4" en la parte inferior izquierda de esta página se encuentran los iconos de las aplicaciones desarrolladas las cuales incluye sistemas producto, generales, mapas dinámicos, caracterizaciones climáticas y demos.

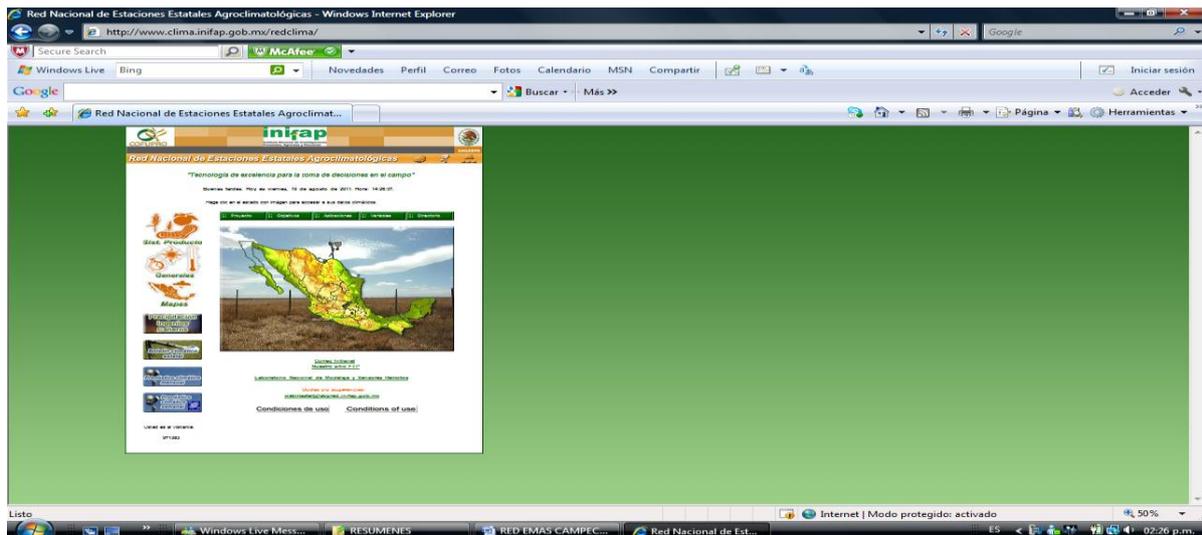


Figura 4. Página Web del INIFAP que muestra la información Agrometeorológica generada.

Cada una de estas aplicaciones tiene aplicaciones específicas, por ejemplo en sistema producto se incluyen los cultivos de durazno, caña de azúcar, oleaginosas, sorgo y vid, además de las aplicaciones específicas para algunos sistemas producto en varios estados del país, en Campeche la dirección web es <http://clima.inifap.gob.mx/campeche/>, -figura 5"; presenta las aplicaciones caracterización climática, mapas dinámicos, pronósticos del clima para corto plazo y estacional, y la estimación de unidades calor y necesidades de agua para los sistemas producto estacionales Maíz, Arroz, Sorgo, Soya, Sandía, Melón y para los sistemas producto perennes Naranja y Caña de azúcar.



Figura 5. Página Web de aplicaciones para el estado de Campeche.

Conclusiones

Se continúa creciendo en el número de estaciones meteorológicas instaladas en la entidad y se incrementa la información acumulada de los sensores que componen a cada estación. En la actualidad la red de estaciones agroclimáticas del estado de Campeche se compone de 14 estaciones pertenecientes a la FUPROCAM, 4 al Proyecto Nacional Cañero, 7 al Proyecto de Alerta Temprana del CIRSE-INIFAP y 1 a productor cañero, lo cual da un total de 26 EMAS instaladas en nueve de los once municipios del estado de Campeche.

La difusión de la información se realiza cada 15 minutos a través de la página web y semanalmente entre las principales dependencias del sector y los productores interesados a través de hojas de datos y boletines.

Es necesario incrementar el desarrollo de aplicaciones para el manejo de la biota, agua y nutrición en los sistemas producto de la entidad, lo cual implica incluir a las especies vegetales silvícolas y las especies pecuarias.

Literatura Citada

- Canales Cruz, Roberto. 2000. Informe anual 1999 del Proyecto Modelación Agrometeorológica para la agricultura en el estado de Campeche. CEEEdzna, CIRSE-INIFAP. Campeche, México.
<http://www.adcon.at>
<http://www.clima.inifap.gob.mx>
<http://www.nc-climate.ncsac.edu/>
- Maldonado I, I. y Aravena S, R. 2006. Redes de Estaciones Meteorológicas Automáticas y sus Aplicaciones Productivas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA Núm. 145. Chillán, Chile. 380 p.
- Maracchi, Giampiero et al. 2002. Internet Applications For Agrometeorological Products – Experiences From Europe. In Proceedings of the Expert Group Meeting on Internet Applications for Agrometeorological Products held 6-9 May 2002 in Washington, D.C. USA.
- Medina García, G., et al. 2008. Uso de Estaciones Meteorológicas en la Agricultura. Campo Experimental Zacatecas. CIR Norte Centro. INIFAP. Calera de V. R., Zacatecas, México. 19p.
- Rodríguez Ávila, Jesús Humberto. 2007. Informe anual 2006 del Proyecto Red de Monitoreo del área de influencia del Campo Experimental Edzna. CEEEdzna, CIRSE-INIFAP. Campeche, México.
- Soto Rocha, Jesús Manuel. 2011. Informe final del Proyecto Implementación de un Modelo de Predicción de Plagas y Enfermedades en el Cultivo de Maíz en el estado de Campeche. CEEEdzna, CIRSE-INIFAP. Campeche, México.
- Torres Meza, M. et al. 2010. Red de Estaciones Agrometeorológicas en Zonas Cañeras. Publicación Especial Núm. 37. Campo Experimental Pabellón. CIR Norte Centro. INIFAP. Aguascalientes, Aguascalientes, México. 42 p.
- Villalpando I. J. F. y Ruiz, C. J. A. 1993. Observaciones Agrometeorológicas y su uso en agricultura. 1ª ed. Ed. LIMUSA-UTEHA. México, D. F. 134 p.
- Zachariassen, John, et al. 2003. A review of the Forest Service Remote Automated Weather Station (RAWS) network. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-119. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 153 p.

ÍNDICES DE CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DEL VALLE DE MEXICALI Y SU ADAPTABILIDAD PARA USO AGRÍCOLA

López-López Angel¹, Carreón-Diazconti Concepción², Ramírez-Hernández Jorge², Reyes-López Jaime Alonso² y Avilés-Marín Silvia Mónica³.

¹ Alumno del Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería, Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México. Correo electrónico:

angel_lopez@uabc.edu.mx

² Instituto de Ingeniería, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.

³ Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.

Resumen

En el valle de Mexicali, Baja California, el agua subterránea es una fuente importante para su uso agrícola y doméstico, principalmente. Para evaluar la aptitud del agua subterránea para uso agrícola, se tomaron muestras de agua en 122 pozos agrícolas durante la primavera de 2010. Estas muestras fueron analizadas para determinar los parámetros fisicoquímicos pH, CE, SDT, calcio, magnesio, sodio, potasio, cloruros, bicarbonatos y sulfatos. De acuerdo con la clasificación propuesta por Richards (1954) la mayor parte de los pozos se clasifican como C3S1, C4S2 y C4S1, que indica que se tienen aguas de alta salinidad y baja sodicidad. El peligro de salinidad en el 67.21% de las muestras de agua se clasifica como C3, alta salinidad, mientras que el 32.79% se clasifica como C4 agua de salinidad muy alta, debe utilizarse en suelos permeables y los cultivos deben seleccionarse de acuerdo con su tolerancia. En tanto que con la clasificación de la FAO desarrollada por Ayers and Westcot (1985) el 82.79 % del agua tiene una restricción ligera a moderada para su uso en agricultura y el resto, 17.21 % tiene una condición severa, que afectará el desarrollo de los cultivos, principalmente los más sensibles a la presencia de sales en el agua.

Palabras clave: hidrogeoquímica, agua subterránea, parámetros fisicoquímicos, calidad del agua para riego.

Abstract

In the Mexicali valley, Baja California, groundwater is very important, mainly for its domestic and agricultural usage. To assess the suitability of groundwater for agricultural use, samples were taken in 122 wells during spring 2010. These samples were analyzed to determine physicochemical parameters pH, CE, SDT, calcium, magnesium, sodium, potassium, chlorides, bicarbonates, and sulfates. According to the classification proposed by Richards, 1954, most wells are classified as C3S1, C4S2 and C4S1, which indicates waters with high salinity and low sodium hazard. Salinity hazard in 67.21% of samples is classified as C3, high salinity, while 32.79% is classified as C4, very high salinity, should be used in permeable soils, and crops should be selected according with their tolerance. As for the FAO developed by Ayers and Westcot (1985) classification, 82.79% of water has a slight to moderate restriction for agricultural use and the rest, 17.21% has a severe condition, which will affect crop development, specially crops more sensitive to salt presence in water

Keywords: hydrogeochemistry, groundwater, physicochemicals parameters, water quality for irrigation purposes.

Introducción

En el valle de Mexicali, Baja California, las dos fuentes de agua para el desarrollo de las actividades productivas son los escurrimientos superficiales del río Colorado y el agua subterránea extraída del acuífero. Se cuenta con un volumen total anual de 2,747.592 Hm³, de los cuales, 1,850.234 Hm³ son los que están establecidos en el Tratado Sobre Distribución de las Aguas Internacionales y 897.358 Hm³ corresponden a aguas subterráneas. El aprovechamiento de las aguas subterráneas en el valle de Mexicali, donde se asienta oficialmente el Distrito de Riego 014, río Colorado, data de la década de 1950, época en que inició un programa formal de perforación de pozos profundos. Actualmente, se tienen 725 pozos, de los cuales 422 son federales y 236 son pozos particulares; adicionalmente se

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

perforaron 67 pozos en la Mesa Arenosa de San Luis Río Colorado, Sonora (López, 1991). La recarga estimada al acuífero es de 800 Hm^3 , de los cuales 300 Hm^3 provienen de la entrada de agua de recarga horizontal y el resto, 500 Hm^3 , proviene de recarga vertical por percolación del agua aplicada como sobre riego en los cultivos agrícolas e infiltraciones de los canales de conducción sin revestir.

La concentración total de sales (STD) en el agua subterránea se ha incrementado a través del tiempo a una velocidad cercana a los 20 mg L^{-1} por año (García *et al.*, 2006 y Barrientos *et al.*, 2006). En un estudio realizado en 1991, se encontró que durante el período comprendido de 1961 a 1988, la concentración promedio en el agua del acuífero se incrementó de $1,096 \text{ mg L}^{-1}$ a $1,685 \text{ mg L}^{-1}$ que representa un crecimiento de 21.8 mg L^{-1} por año (López, 1991). Lo anterior, es similar a los resultados de otro estudio realizado por la Comisión Nacional del Agua, donde se encontró que la salinidad del agua crece a una velocidad de 20.623 mg L^{-1} por año (CONAGUA, 1994). Así mismo, en una muestra del 15 % de los 243 pozos agrícolas ubicados en el área de influencia del Canal Todo Americano en el valle de Mexicali y para el período 1962-1994, encontró que la salinidad se incrementa en razón de $21.9 \text{ mg L}^{-1}/\text{año}$ (Navarro, 1998).

El objetivo de este trabajo fue analizar la aptitud del agua subterránea para su uso en el riego de cultivos agrícolas en función de los criterios e índices de clasificación más utilizados con este propósito.

Materiales y Métodos

Esta investigación se desarrolló en el valle de Mexicali, Baja California, específicamente en donde se ubican los pozos para uso agrícola, con mayor énfasis en el área de influencia del Canal Todo Americano, en la porción noreste del valle. En la primavera de 2010 se tomaron 122 muestras de agua subterránea, las cuales fueron recolectadas en botellas de polietileno de 500 mL de capacidad, dos por pozo, una de ellas se acidificó con HNO_3 para determinar cationes, y la otra se utilizó para determinar aniones. Al momento del muestreo se determinaron la conductividad eléctrica (dS m^{-1}), el pH y la temperatura con un conductímetro y un potenciómetro portátiles. Las muestras de agua se analizaron en el Laboratorio del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California. Los análisis se realizaron utilizando la metodología basada en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA-AWWA-WEF, 1995). El análisis de los cationes, Ca, Mg, Na y K, se realizó mediante espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer modelo AAnalyst 300, de acuerdo con la NMX-AA-051-SCFI-2001. Los aniones Cl, HCO_3 y CO_3 fueron determinados mediante volumetría, el Cl de acuerdo con la NMX-AA-073-SCFI-2001 y HCO_3 y CO_3 con la NMX-AA-036-SCFI-2001. El ion SO_4 fue determinado con el método turbidimétrico (NMX-AA-074-1981) con un espectrofotómetro DR Hach 2000. La precisión analítica para los iones mayoritarios se ubica en $\pm 5\%$.

El agua subterránea fue clasificada utilizando principalmente dos criterios. El primero, establecido por Richards (1954) para el Laboratorio de Salinidad de los Estados Unidos (USSL). Este sistema se basa en la medida de la conductividad eléctrica (CE) del agua para determinar el riesgo de salinización del suelo y en el cálculo de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) para determinar el riesgo de sodificación o alcalinización. El segundo criterio de clasificación es el propuesto por Ayers y Westcot (1985), el cual define tres tipos de aguas de acuerdo con su conductividad eléctrica ($< 0.7 \text{ dS m}^{-1}$, entre 0.7 y 3.0 dS m^{-1} y $> 3.0 \text{ dS m}^{-1}$). El riesgo de sodificación o efecto del sodio sobre la infiltración se evalúa en función de la CE y la RAS.

Existen muchos criterios e índices para evaluar la calidad del agua (Shainberg y Oster, 1976), o un aspecto de la misma, como los propuestos para hacer ajustes a las RAS o sobre la significancia de los carbonatos en el agua para riego. Sin embargo, todos consideran dos aspectos fundamentales, la salinidad del agua expresada como CE o SDT y el peligro de sodificación de los suelos y su efecto sobre los agregados del suelo y en consecuencia la infiltración.

Resultados y Discusión

La agricultura de riego depende de un adecuado suministro de agua de buena calidad (Richards, 1954). Conceptualmente, la calidad del agua se refiere a una o más características de una fuente de abastecimiento de agua que pueden afectar su utilización para un uso específico. En la evaluación de la calidad del agua para riego se consideran las características químicas y físicas y raramente son

considerados otros factores (Richards, 1954). La factibilidad del uso de agua subterránea para riego de suelos agrícolas está condicionada a los efectos que los minerales disueltos en el agua pueden provocar sobre los suelos y cultivos. La salinidad, sodicidad y toxicidad, generalmente tienen que ser considerados para la evaluación de la calidad del agua para riego (Richards, 1954; Ayers y Westcot, 1985; Shainberg y Oster, 1976).

La CE es muy importante para clasificar el agua para riego y es una buena medida de la salinidad total. La salinidad o concentración de sales solubles en el agua de riego puede ser utilizada para clasificar el agua para riego agrícola. Mientras una alta salinidad en el agua provoca la formación de suelos salinos, una elevada concentración de sodio, ocasiona la formación de suelos alcalinos o sódicos (Richards, 1954).

Un exceso de sales disueltas incrementa la presión osmótica del agua en el suelo e interfiere con la absorción del agua y nutrientes del suelo por las plantas (Salee, et. al. 1999). El agua usada en el riego agrícola, siempre contiene cantidades considerables de sustancias disueltas, las que además de afectar el crecimiento de las plantas, también dañan la estructura del suelo, la permeabilidad y la aireación, la cual indirectamente afecta el crecimiento de las plantas (Kumar *et al.*, 2009).

Cuadro 1. Calidad del agua subterránea de acuerdo con la clasificación de Richards (1954).

Riesgo de Salinidad	Conductividad eléctrica (dS m ⁻¹)	Descripción	Número de Pozos	Porcentaje
Bajo, C1	< 0.25	Baja en salinidad, puede ser utilizada en cualquier suelo y plantas	0	0
Medio, C2	0.25 a 0.75	Salinidad media, es apta para todas las plantas, pero debe tener un buen drenaje	0	0
Alto, C3	0.75 a 2.25	Agua de alta salinidad, requiere drenaje, algunas plantas la toleran	82	67.21
Muy Alto, C4	> 2.25	Salinidad muy alta, el suelo debe ser permeable y drenaje alto. Debe seleccionarse los cultivos de acuerdo con su tolerancia	40	32.79

De acuerdo con la clasificación de Richards, 1954, el 67.21% del agua de los pozos muestreados es clasificada como C3 (Cuadro 1), agua de alta salinidad; para su uso se requiere drenaje y algunas plantas la toleran. El 32.79% de las aguas se clasifican como C4, aguas de salinidad muy alta; el suelo debe ser permeable y contar con drenaje elevados, los cultivos deben seleccionarse de acuerdo con su tolerancia a la salinidad.

De acuerdo con el criterio establecido por Ayers y Westcot (1985) el 82.79% (Cuadro 2) del agua en la zona de estudio tiene una restricción ligera a moderada para su uso en agricultura. El resto, 17.21 %, presenta una condición severa, lo que significa que su uso afectará el desarrollo de los cultivos, principalmente los más sensibles como las hortalizas.

El sodio o peligro de alcalinización en el agua de riego es determinado por la concentración absoluta y relativa de cationes y es expresada como la relación de adsorción de sodio (RAS), la cual es estimada mediante la fórmula. $RAS = (Na) / (Ca + Mg) / 2)^{1/2}$, (Richards, 1954) .

Cuadro 3. Problema potencial de salinidad en el agua subterránea del valle de Mexicali de acuerdo con la clasificación de Ayers y Westcot (1985).

Grado de restricción para su uso (afecta la disponibilidad de agua para las plantas)	CE (dS m ⁻¹)	Numero de Pozos	Porcentaje
Ninguno	< 0.7	0	0
Ligero a Moderado	0.7 – 3.0	101	82.79
Severo	> 3.0	21	17.21
		122	100

Existe una relación significativa entre la RAS en el agua y su adsorción en el suelo. Si el agua usada para riego es mayor en sodio y menor calcio, el complejo de intercambio de cationes en el suelo se puede saturar con sodio. Esto puede destruir la estructura del suelo debido a la dispersión de las partículas de arcilla. El sistema de clasificación para evaluar la aptitud del agua para riego puede ser determinado graficando los valores de la CE y RAS en el Diagrama de Salinidad de los Estados Unidos (Richards, 1954). Bajo este criterio, el agua subterránea en el valle de Mexicali, por su sodicidad como RAS, se clasifica como S1, S2 y S3. El 71.31 % de los pozos muestreados cae en el rango de S1, aguas muy bajas en sodio, el 27.05 % se clasifica como S2, bajas en sodio y el resto, 1.64 %, como S3.

De acuerdo con el criterio establecido por Ayers y Westcot, 1985, el 90.98% (Cuadro 3) del agua subterránea del valle de Mexicali no tiene restricciones para su uso en el riego de cultivos agrícolas y no afectarán la infiltración de los suelos que sean regados con estas aguas, en tanto que el resto, 9.02% tiene restricciones de ligeras a moderadas para su uso en suelos, principalmente aquellos de textura arcillosa.

Cuadro 3. Clasificación del agua subterránea del valle de Mexicali por su efecto sobre la infiltración en suelo de acuerdo con la clasificación de Ayers y Westcot (1985).

RAS	CE	Grado de restricción	Pozos	Porcentaje
0 - 3	> 0.7	Ninguno	57	46.72
	0.7 - 0.2	Ligero a moderado	0	0
	< 0.2	Severo	0	0
3 - 6	> 1.2	Ninguno	41	33.61
	1.2 - 0.3	Ligero a moderado	11	9.02
	< 0.3	Severo	0	0
6 -12	> 1.9	Ninguno	13	10.66
	1.9 - 0.5	Ligero a moderado	0	0
	< 0.5	Severo	0	0
12 - 20	> 2.9	Ninguno	0	0
	2.9 - 1.3	Ligero a moderado	0	0
	< 1.3	Severo	0	0
20 - 40	> 5.0	Ninguno	0	0
	5.0 - 2.9	Ligero a moderado	0	0
	< 2.9	Severo	0	0

Conclusiones

- De acuerdo con la clasificación propuesta por Richards (1954) el agua subterránea del valle de Mexicali, se clasifica como C3S1, C4S2, C4S1, C3S2 y C4S3, que corresponde a aguas con salinidad alta a muy alta y concentraciones de sodio bajas a medias.
- El peligro de salinidad en el 67.21% de las muestras de agua se clasifican como C3, que son aguas de alta salinidad, su uso requiere que haya buen drenaje y algunas plantas toleran su uso, mientras que el 32.79% se clasifica como C4, que son aguas de salinidad muy alta, deben utilizarse en suelos permeables, con buen drenaje y los cultivos que se establezcan en esas condiciones deben seleccionarse de acuerdo con su tolerancia a la salinidad.
- Por su sodicidad expresada como RAS, el 71.31% de las aguas muestreadas se clasifica como S1, agua baja en sodio, el 27.05% como S2, agua media en sodio y el resto, 1.64% corresponde a S3, alta en sodio.
- De acuerdo con la clasificación de Ayers y Westcot (1985) por su salinidad el 82.79% del agua tiene una restricción ligera a moderada para su uso en agricultura y el resto, 17.21% tiene una condición severa, lo que indica que su uso afectará el desarrollo de los cultivos, principalmente los más sensibles a la presencia de sales en el agua.
- De acuerdo con el criterio establecido por Ayers y Westcot (1985) para evaluar el efecto del sodio sobre la infiltración del suelo, el 90.98 % del agua subterránea no representa ningún riesgo de reducción sobre la infiltración de los suelos que sean regados con estas aguas, en tanto que el resto, 9.02 % tiene restricciones de ligeras a moderadas para su uso en suelos, principalmente aquellos de textura arcillosa.

Literatura Citada

- APHA - AWWA – WEF. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th. Edition. USA.
- Ayers, R.S. y Westcot, D.W. 1985. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.1, Roma, 174 p.
- CONAGUA. 1994. Calidad del Agua del Acuífero del Valle de Mexicali. Gerencia Estatal Baja California. México.
- Dinesh Kumar Tank and C. P. Singh Chandel. 2010. Analysis of the major ion constituents in groundwater of Jaipur, City. Journal Nature and Science 8(10)
- García-Saillie, G.; López-López, A. y Navarro-Urbina J.A. 2006. Lining the All-American Canal: Its Impact on Aquifer Water Quality and Crop Yield in Mexicali Valley In: Sanchez-Munguia V. Lining the All-American Canal: Competition or Cooperation for Water in the U.S.-Mexican Border. SCERP Monograph Series No. 13. p. 77:100
- Kumar, S.A.; G.C. Mondal; B. K. Tewary and A. Sinha. 2009. Major ion chemistry, solute acquisition processes and quality assessment of mine water in Damodar valley Coalfields, India. Abstracts of the international mine waters conference. Pretoria, South Africa. pp. 267-276
- López, L.A. 1991. Evolución de la calidad del agua del acuífero del valle de Mexicali. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Investigaciones en Agricultura y Ganadería. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México.
- López, L. A. 2001. La salinidad del agua en el Distrito de Riego 014, Río Colorado, Baja California y Sonora. Primer Simposio Internacional sobre la Salinidad del Río Colorado. San Luis Río Colorado, Sonora.
- Navarro Urbina J.A. 1998. Impacto del revestimiento del canal Todo Americano en el distrito de riego 014, río Colorado. Tesis de Maestría. Instituto de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Baja California.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, agric. Handbook 60, US dept. Agric., Washington, D.C. pp. 160.
- Salee A., Al-Ruwaith F. and Shehata M. 1999. Hydrogeochemical processes operating within the main aquifers of Kuwait. J. Arid Environ. 42:195-209.
- Shainberg I. and Oster J.D. 1976. Quality of irrigation water. III C. publication 2.

EFFECTO DEL RIEGO Y CUBIERTAS DE SUELO EN LA PRODUCCIÓN DE GUAYABA

De Luna Jiménez Alfonso¹, Luna Ruíz José de Jesús¹, Meraz Jiménez Antonio de Jesús¹,
Ponce Montoya Amalio¹, Martínez de Lara Jorge¹

¹Centro de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma de Aguascalientes. lunaji@yahoo.com

Resumen

El manejo del riego es un factor determinante en la producción de guayaba. En Calvillo, predomina el riego con agua de pozo y se registra un abatimiento progresivo del acuífero y con ello cada año es más costosa su extracción mediante el bombeo y escasa su disponibilidad, lo que incrementa los costos de producción originando el abandono de huertas por considerarse improductivas. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de distintos volúmenes de agua y cubiertas de suelo en la producción de guayaba. Se usó el diseño en parcelas divididas, a la parcela grande se le asignó el riego y a la chica las cubiertas. Se midieron las variables, número de frutos, peso de fruto y diámetro ecuatorial. Con 720, 960 y 1200 litros de agua se incrementó el número de frutos por m² y con 480 litros se produjeron los frutos de mayor peso. Los volúmenes de agua afectaron positivamente ($p < 0.01$) el número de frutos, sobresaliendo la aplicación de 720 L árbol⁻¹ riego⁻¹. La cobertura de plástico produjo el mayor número de frutos. El fertilizante y cobertura de paja produjeron los frutos de mayor peso. Estos resultados permiten concluir que con las cubiertas de suelo se puede ahorrar cantidades de agua en magnitudes de 240, 480 y 720 litros de agua por árbol y por riego, significando 49, 98 y 147 m³ de agua por hectárea, sin detrimento del peso del fruto. Mediante la cubierta de plástico y fertilizante se produjeron los frutos de mayor peso.

Palabras clave: Cubierta, guayabo, riego, rendimiento.

Abstract

The irrigation is a determining factor in the production of guayava. Calvillo, is dominated by the irrigation with water from well and there is a gradual abatement of the aquifer and thereby each year is more expensive extraction through the pumping and low availability, increasing production costs causing the abandonment of orchards as unproductive. The objective of the work was to assess the effect of different water volumes and covers of ground in the production of guava. Used the design in divided plots, to the big plot was assigned the irrigation and the girl covers. Measured variables and number of fruit weight of fruit and Equatorial diameter. With 720 960-1200 litres of water increased the number of fruits per m² and with 480 liters produced the fruits of greater weight. The volumes of water affected positively ($p < 0.01$) the number of fruits, including implementation of 720 L tree-riego-1. Plastic coverage produced the largest number of fruits. The fertilizer and straw coverage were the fruits of greater weight. These results allow to conclude that the ground covered with quantities of water in quantities of 240, can save 480 and 720 litres of water per tree and by irrigation, meaning 49, 98 and 147 m³ of water per hectare, without detriment to the weight of the fruit. Using the cover of plastic and fertilizer were the fruits of greater weight.

Keywords: deck, guava, irrigation, yield.

Materiales y Métodos

Localización geográfica

El municipio de calvillo, se localiza a 52 Km al poniente de la ciudad de Aguascalientes, entre los paralelos 21° 43' y 22° 06' de Latitud Norte y entre los meridianos 102° 31' y 102° 52' de Longitud Oeste, y colinda al norte con el estado de Zacatecas y el municipio de San José de Gracia, al Sur colinda con los estados de Jalisco y Zacatecas, al este con los municipios de San José de Gracia y Jesús María y al oeste con el estado de Zacatecas.

Diseño del experimento y definición de tratamientos

En los años 2006 y 2007 se realizó el experimento en una huerta plantada con guayabo (*Psidium guajava* L.), con árboles de 40 años de edad, pertenecientes a la selección "Media China" y con riego de micro-aspersión. Mediante un tubo de 6 pulgadas se que conduce el agua para riego, de este se

derivan las líneas regantes consistentes en mangueras de $\frac{3}{4}$ de pulgada, cada manguera en el punto de unión al tubo principal tiene una válvula que permite controlar el suministro de agua por línea de árboles. El sistema de riego instalado en la huerta tiene dos aspersores en cada árbol y un gasto por aspersor de 120 L hora^{-1} , lo que significa que los dos aspersores suministran 240 L hora^{-1} .

Fueron definidas 4 hileras contiguas de árboles para cada una de tres repeticiones. Se sortearon los tiempos de riego y de esta manera, a una le correspondió 2 horas con un aporte de 480, a otra 3 horas con un suministro de 720, a la siguiente 4 horas con una entrega de 960 y a la última 5 horas con un abastecimiento de $1200 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$. En cada línea se etiquetaron 4 árboles y de manera aleatoria se le asignó a cada árbol una cubierta: paja de pasto natural que crece en la misma huerta, plástico negro, estiércol de bovino y dosis única de fertilizante químico con la formulación 60-60-60; como fuente de nitrógeno se utilizó sulfato de amonio ($1.5 \text{ kg árbol}^{-1}$), para fósforo el superfosfato de calcio simple ($1.5 \text{ kg árbol}^{-1}$) y de potasio el sulfato de potasio (600 g árbol^{-1}). Se utilizó un diseño factorial con arreglo en parcelas divididas; en la parcela grande correspondió el riego y en la parcela chica las cubiertas y fertilizante. Los riegos se aplicaron con una periodicidad de 8 días.

Cuadro 1. Definición de los tratamientos

L árbol ⁻¹ riego ⁻¹	C. Paja	C. Plástico	C. Estiércol	Fertilizante
480	480Paja	480 Plástico	480 Estiércol	480 Fertilizante
720	720 Paja	720Plástico	720 Estiércol	720Fertilizante
960	960 Paja	960 Plástico	960 Estiércol	960 Fertilizante
1200	1200 Paja	1200 Plástico	1200Estiércol	1200 Fertilizante

L árbol⁻¹riego⁻¹= Litros por árbol por riego, C=Cubierta

Se realizaron conteos de frutos en los cuatro puntos cardinales, en la parte exterior de la copa del árbol mediante el método del cuadrante que consiste de un cuadro de alambre grueso con dimensiones de 25 centímetros por lado, representando una superficie de 625 cm^2 , el que se sujeto con las manos y se colocó al frente con los brazos extendidos a la altura de la vista y se contaron los frutos comprendidos dentro del marco. Cuando llegaron los frutos a madurez fisiológica (cambio de color de verde a amarillo) se tomaron muestras aleatorias de 20 frutos de la periferia de los árboles, se pesaron individualmente en báscula digital y con vernier se les midió su diámetro ecuatorial.

Resultados y Discusión

Número de frutos

Con los volúmenes de 720, 960 y $1200 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$ el número de frutos por m^2 se incrementó en magnitudes de 65, 134 y 126 con respecto al número de frutos cosechados bajo $480 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$; Los volúmenes de agua afectaron positivamente ($p < 0.01$) el número de frutos, sobresaliendo la aplicación de $720 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$. Con la cubierta de plástico produjo el mayor número de frutos. Este resultado establece que los volúmenes de agua aplicados, las cubiertas y la fertilización afectan positivamente ($p < 0.01$) la producción.

Peso del fruto

Los volúmenes de riego afectaron ($p < 0.05$) el peso del fruto, correspondiendo los frutos más pesados al volumen de riego más bajo (Cuadro 2), también se observó una tendencia negativa al incrementarse los volúmenes de riego la cual tiene la interpretación de que volúmenes mayores a $480 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$, no incrementan el peso del fruto. Este resultado muestra que se está aplicando agua en exceso significando un importante desperdicio el cual se puede visualizar si consideramos que una plantación tradicional en Calvillo, Aguascalientes tiene una densidad de población de 204 árboles por hectárea, lo que significa que se están tirando sin provecho la diferencia con respecto a $480 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$ que sería de 240, 480 y $720 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$ y multiplicando estos valores por la densidad de población se tiene: 48.96, 97.92 y 146.88 m^3 por riego, es frecuente que los riegos se apliquen cada 8 días por 10 meses del año (dejando dos meses de calmeo), significa que se aplican 40 riegos y el agua por año que se desperdicia es del orden de 1958, 3917 y 5875 m^3 por año. También se aprecia que el suministro de $720 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$ y la cubierta de paja incrementó ($p < 0.05$) el peso del fruto, este resultado muestra que la paja redujo la pérdida de agua por evaporación y la retuvo en el suelo en forma disponible para la planta por más tiempo (Cuadro 2). Mediante la aplicación de $960 \text{ L árbol}^{-1} \text{ riego}^{-1}$ la cubierta de plástico además de mantener el agua aprovechable en el suelo, permitió la mejor utilización del

fertilizante expresándose en el peso del fruto. La utilización de 1200 L árbol⁻¹riego⁻¹ no incrementaron el peso del fruto ni se aprecia respuesta de las cubiertas (Cuadro 2), este resultado indica que la adición de agua fue excesiva y asociada a las cubiertas se ocasionó el problema de respiración de la raíz, traduciéndose en frutos de menor peso y en un bajo rendimiento.

Cuadro 2. Evaluación del riego y coberturas sobre el peso del fruto (g)

HR	Vol.	Paja	Plástico.	Estiércol.	Fertilizante.	Promedio
2	480	45.3	39.4	60.1	56.7	50.4 a
3	720	57.3	44.6	41.7	40.2	45.9 b
4	960	39.4	51.9	40.9	51.5	45.9 b
5	1200	36.8	39.2	36.9	36.1	37.2 c
Promedio		44.7 a	43.8 a	44.9 a	46.1 a	44.9

HR = Horas de riego, Vol. = L árbol⁻¹ riego⁻¹. Promedios seguidos de la misma letra son estadísticamente iguales ($p > 0.05$) y con letra distinta son diferentes ($p < 0.05$).

Tamaño del fruto

En el cuadro 3, se señala que los porcentajes más altos de frutos corresponden al tamaño extra con 480 L árbol⁻¹riego⁻¹, primera con 720 L árbol⁻¹riego⁻¹ y segunda con 1200 L árbol⁻¹riego⁻¹.

Los resultados (Cuadro 3) muestran que con 480 L árbol⁻¹riego⁻¹ se produjo el más alto porcentaje de frutos de tamaño extra y se aprecia una reducción progresiva al incrementarse los volúmenes de agua, este resultado expresa que no existe relación entre la cantidad de agua aplicada y la producción de frutos de alto calibre. Con respecto al tamaño primera no se evidencia efecto del riego, ya que con los volúmenes aplicados se produjeron porcentajes semejantes, señalando que con 720 L árbol⁻¹riego⁻¹ se logra igual porcentaje de frutos de tamaño primera en comparación a la aplicación de 1200 L árbol⁻¹riego⁻¹, este resultado es importante ya que indica que pueden lograrse ahorros de agua en magnitud de 480 L árbol⁻¹riego⁻¹. En el tamaño segunda se aprecia una tendencia a incrementarse los porcentajes al incrementarse los volúmenes de agua aplicados. Para todos los volúmenes estudiados no se produjeron frutos de tercera. Este resultado indica que toda la fruta cosechada tiene valor comercial no teniendo desperdicio por fruta pequeña.

Cuadro 3. Evaluación del riego en el diámetro ecuatorial del fruto (cm.).

HR	Vol.	Extra ($\Theta \geq 5.3$)	Primera ($\Theta \geq 4.3$ y ≤ 5.3)	Segunda ($\Theta > 3$ y ≤ 4.2)	Tercera ($\Theta < 3$)
2	480	29	59	12	0
3	720	16	68	16	0
4	960	15	66	19	0
5	1200	5	66	29	0

HR = Horas de riego, Vol. = L árbol⁻¹ riego⁻¹

En el Cuadro 4 se aprecia que el mayor porcentaje de frutos extra se cosecharon con fertilizante, primera con plástico, y segunda con paja.

Cuadro 4. Coberturas el diámetro ecuatorial (cm.)

Cobertura	Extra $\Theta \geq 5.3$	Primera ($\Theta \geq 4.3$ y ≤ 5.3)	Segunda ($\Theta > 3$ y ≤ 4.2)	Tercera ($\Theta < 3$)
Paja	15	63	22	0
Plástico	9	77	14	0
Estiércol	19	61	20	0
fertilizante	22	58	20	0

Conclusiones

Los volúmenes de agua aplicados, las cubiertas y la fertilización afectaron positivamente ($p < 0.01$) la producción. Los frutos de mayor peso fueron obtenidos con la cubierta de estiércol, paja y fertilizante. Los resultados sugieren que pueden ahorrarse cantidades de agua en magnitudes de 49, 98 y 147 m³ ha⁻¹.

Con la cobertura de paja puede ahorrarse un volumen de agua de $247 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, sin detrimento del peso del fruto. La cobertura de plástico produjo frutos de mayor peso en comparación al peso de frutos con fertilizante y permite un uso más eficiente del agua.

Literatura Citada

- Coker, E. G. 1959. Root development of Apple trees in grass and clean cultivation. *J. Hort. Sci.* 34: 111-121.
- Chirinos-Torres, D.; M. Marín; C. González; C. Zara: *Crecimiento y producción de guayaba (Psidium guajava L.) bajo riego e incidencia de frutos enfermos*, *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 23: 58-66, 2006.
- González, E; J.S., Padilla; L. Reyes; M.A, Perdos De La Cruz; F. Esquivel: *Guayaba. Su cultivo en México, 182pp., Libro Tecno. Vol. INIFAP, Centro de Inv. Regional Norte Centro, Pabellón, Aguascalientes, México, 2002.*
- Martínez, J.: *Fruticultura*, 251pp., Ed. Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1981.
- Mata, B.I; A. M Rodríguez: *Cultivo y producción del guayabo*, 157pp., UAA AN. Editorial Trillas, México, 1990.
- Mills, T.M., M. H. Behboudian, P. Y. Tan y B. E. Clothier. 1994. Plant water status and fruit quality in —Braeburn” Apple. *HortScience* 29:1274-1278.
- Parker, M. L. y J.R. Meyer. 1996. Peach tree vegetative and root growth response to orchard floor management. *HortScience* 31(3): 330-333.

EVALUACIÓN DE TRES CRITERIOS DE RIEGO, EN LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA POR MICRO ASPERSIÓN EN CÍTRICOS DE NUEVO LEÓN, MÉXICO

De La Fuente Saucedo Humberto¹, Peña Del Río Ma,¹ García Dessommes Guillermo¹
Campo Experimental General Terán-INIFAP¹. E-mail: delafuente.humberto@inifap.gob.mx

Resumen

La escasa e irregular precipitación, y el deficiente manejo de los sistemas de riego, son factores que afectan los rendimientos del cultivo de cítricos en Nuevo León. En el ciclo 2007-2008 se estableció en General Terán, N.L un ensayo en una huerta de naranja del cv. Marrs, con el objetivo de estudiar la eficiencia del sistemas por micro aspersión con los siguientes criterios para determinar los riegos 1) Fórmula de la $ET_c = K_c \times ET_r$ Donde: ET_c = Evapotranspiración del cultivo [mm d⁻¹] K_c = Coeficiente del cultivo [a dimensional] ET_r = Evapotranspiración de referencia [mm d⁻¹] de la estación automatizada Adcon Telemetry, 2) Uso de tensiómetros portátiles y 3) la práctica común del productor. Con el uso del tensiómetro, de la fórmula ET_c y con el testigo del productor se aplicaron 27.3³, 21.16³ y 17.45³ de agua de riego/árbol/ciclo y se obtuvo un rendimiento de fruta de 33.03, 25.10 y 17.89 t ha⁻¹ respectivamente. También, con el uso del tensiómetro se obtuvieron los mayores valores de eficiencia en el uso de agua y energía eléctrica con 128.5 L/kg y 70.93 kWh/t respectivamente. El estudio muestra que con el uso de los tensiómetros y con mayores volúmenes de agua de riego que los que usan actualmente, es posible incrementar significativamente la producción de cosecha y el uso eficiente del agua de riego en las huertas de cítricos y que actualmente los volúmenes de agua que aplica el productor es insuficiente.

Palabras clave: Cítricos, Riego y Eficiencia

Abstract

The low and irregular rainfall, the water deficit in the aquifer and the poor management of irrigation systems, are factors that affect crop yields of citrus in Nuevo Leon. In 2007-2008 was established in General Teran, NL trial in an orange orchard of cv. Marrs, in order to study the effectiveness of micro-sprinkler systems by the following criteria to determine the risks 1) Formula $ET_c = K_c \times ET_r$ where: ET_c = Crop evapotranspiration [mm d⁻¹] K_c = Crop coefficient [dimensionless] ET_r = reference evapotranspiration [mm d⁻¹] station Adcon Telemetry automated, 2) Use of portable tensiometers to measure the available moisture, and 3) the common practice of the producer. Using the tensiometer, the formula ET_c and the witness of the producer applied 27.3, 21.16 and 17.45³ irrigation water / tree / cycle and a yield of fruit from 33.03, 25.10 and 17.89 t ha⁻¹ respectively. Also, using the tensiometer yielded the highest values of efficiency of water and electricity to 128.5 L / kg and 70.93 kWh / ton respectively. This study shows that the use of tensiometers and with larger volumes of irrigation water that they currently use, you can significantly increase crop production and efficient use of irrigation water in citrus orchards and that currently volumes of water applied by the producer is low.

Key words: Citrus, Irrigation and Efficiency

Introducción

El cultivo de los cítricos en Nuevo León ocupa el 1er lugar en importancia en la fruticultura, con 30 mil has establecidas y una producción anual de 400 mil t de fruta. Debido a la escasa precipitación que se registra en promedio de 700 mm en el ciclo e irregularmente distribuida, el 90% de superficie se explota en condiciones de riego. La distribución de por derivación se realiza en un 75% de las huertas, por micro aspersión en un 20% y por goteo en un 5% éstos son los sistemas de riego que predominan en la región. Debido al problema social y económico por la escasez de agua en la entidad, durante los últimos años se ha impulsado la inversión pública y privada en sistemas de riego con nivel medio a alto de tecnología para hacer un uso más eficiente y racional del agua. Sin embargo, por el desconocimiento tecnológico de su manejo y operación, no se han obtenido los resultados previstos. Una agricultura rentable y sostenible en el tiempo no depende solamente de la infraestructura física o

de la eficiencia de las redes de la conducción del agua de riego, sino que, en parte también, a la extensión y entrenamiento que deben recibir los productores y el personal de campo responsable del riego, para que las inversiones en obras mejoren la producción y aseguren ganancias efectivas al productor beneficiado por la obra de riego construida. Sin duda, la limitante principal en el sector agropecuario incluyendo la explotación de los cítricos es la presencia de períodos prolongados de sequía que se presentan cada ciclo, provocando pérdidas en las huertas por el desbaste de agua en los acuíferos. Estudios en la localidad muestran que las eficiencias del uso de agua de riego en las huertas de cítricos, está entre un 30 a 40% y por lo menos el 60% del agua de riego rodado o derivación se pierde durante su conducción y en huertas con riego por micro aspersion la eficiencia va de 55% a 65% (De La Fuente, 2006) y de la cantidad de agua de riego que se proporciona desde las fuentes de abastecimiento solo el 25 al 30% la aprovecha el cultivo. Mejorar la productividad de los cítricos por unidad de volumen de agua usado es el objetivo común de los productores. En la relación agua–rendimiento se busca el incremento en la productividad del insumo agua en términos de maximizar el rendimiento del producto por unidad de volumen invertido. Se han generado indicadores básicos para la evaluación del desempeño productivo en la agricultura de riego; éstos relacionan los rendimientos de los cultivos por unidad de superficie con la cantidad de agua utilizada (Molden *et al.*, 1998). Con la tecnología de riego presurizado bien diseñada, incluyendo el de micro aspersion los factores que afectan directamente la eficiencia del uso de agua a nivel parcelario es la cantidad de agua a aplicar, la uniformidad de distribución y la frecuencia de riego (Internacional Irrigation Center, 2002). El objetivo del presente estudio es evaluar tres criterios de riego validados y difundidos ampliamente en la región cítrica de Nuevo León por el INIFAP y otras instituciones relacionadas con el sector agropecuario para la aplicación de volumen y frecuencia de riegos y medir su eficiencia en el uso de agua en naranja.

Materiales y Métodos

Con el propósito de evaluar la eficiencia técnica-económica del sistema de riego por micro aspersores de gastos de 28 L/h, durante el ciclo del 2007-2008 se condujo en el municipio de General Terán, Nuevo León, México, un experimento en huerta comercial de naranja de 14 años de edad de la variedad temprana Marrs, con una distribución de árboles al 4 X 8, en suelo arcillo tipo calcáreo. Los criterios de riego que se evaluaron fueron: 1) Fórmula de la $ET_c = K_c \times ET_r$ Donde: ET_c = Evapotranspiración del cultivo [mm d⁻¹] K_c = Coeficiente del cultivo [adimensional] ET_r = Evapotranspiración de referencia [mm d⁻¹] de la estación automatizada Adcon Telemetry localizada en el Campo experimental de General Terán del INIFAP y los riegos se aplicaron cada semana de acuerdo a los requerimientos del cálculo, 2) uso de tensiómetros portátiles colocados a 60 y 90 cm de profundidad, bajo la copa de los árboles y en el área de goteo y los riegos se realizaron manteniendo permanentemente los registros de los tensiómetros de 20 a 40 centibarios(cb) durante el ciclo y 3) testigo del productor; donde los riegos se efectuaron también semanalmente con una duración de 12 horas continuas, solo en las semanas en ausencia de lluvia no se aplicaban los riegos. Para la comparación de la eficiencia de los criterios de riego, se determinaron los volúmenes de agua aplicados por tratamiento, mediante un medidor de flujo de agua en m³, instalado al inicio de la sección de riego. A cada tercer día se recabaron los datos de las mediciones de los tensiómetros. Los tratamientos se evaluaron en un diseño en bloques al azar, donde cada sección de riego de de 80 árboles correspondía a los tratamiento y los datos se obtuvieron de 8 árboles previamente seleccionados al azar. Los rendimientos de fruta se obtuvieron de la cosecha total de los árboles seleccionados y se transformaron en kg ha⁻¹, la eficiencia del uso del agua de riego se calculó del volumen de agua de riego aplicada en m³ por sección de riego ÷ los rendimientos de fruta cosechada en kg ha⁻¹. La información del consumo de energía eléctrica en kWh ha⁻¹ se estimó con el número de horas de riego en cada tratamiento durante el ciclo y el cálculo de la eficiencia en el uso de energía eléctrica se estimó con los datos del consumo de energía en kWh ha⁻¹ ÷ los rendimientos de fruta en t ha⁻¹.

Resultados y Discusión

El cuadro 1 muestra que para mantener de manera permanente la humedad del suelo durante el ciclo en rangos de tensión de 20 a 40 cb, con el método del tensiómetro se necesitaron 27.3³ de agua de

riego/árbol o 8,531.2 m³ ha⁻¹, mientras que con el uso de la fórmula ETc y el testigo del productor se aplicaron 21.16³ y 17.45³ de agua de riego/árbol, lo equivalente a 6,612.5 y 5,453.1 m³ ha⁻¹ respectivamente, observándose un 22% y un 35.6% menos que con el uso del tensiómetro. Amoros, 1993, señala que en [España](#) los requerimientos de agua varían entre 6800 a 7060 m³ ha⁻¹ por temporada y en Chile se estima que la cantidad de agua necesaria para un huerto de cítricos oscila entre 7910 y 10 180 m³ ha⁻¹ por temporada (Peralta y Ferreyra, 1991). Koo, 1969, concluyó que la humedad aprovechable en el suelo no debe ser menor al 66%, durante el período comprendido desde el inicio de la floración hasta que la fruta tenga un tamaño mínimo de 2.5 cm de diámetro y fuera de éste período la importancia del humedad en el suelo se reduce. En relación a la producción de fruta comercial, con el uso de los tensiómetros se obtuvieron rendimientos de 33.030 t ha⁻¹, superando estadísticamente a los tratamientos de la fórmula ETc y al testigo del productor en un 23.99% y 45.82% respectivamente. Así mismo, con el uso del tensiómetro se obtuvieron los mayores valores de eficiencia en el uso de agua requiriendo en promedio 128.5 L de agua de riego para producir un kg de naranja comercial, mientras que con la fórmula ETc y del testigo del productor se necesitaron 130.81 y 153.07 L de agua de riego, resultando un 1.82% y 19.1% menos.

Cuadro 1. Eficiencia del uso de agua de riego en huerta de naranja marrs en Nuevo León. 2006-2007

Tratamiento	t ha-1	m ³ /árbol/ciclo	m ³ ha-1	L/kg	kWh t
Tensiómetro	33.030 a*	27.3	8531.2	128.5	70.93
ETc	25.100 b	21.1	6612.5	130.8	72.27
Testigo	17.890 b	17.4	5453.1	153.0	84.55

*CV = 17.18% N.S = 0.05 DMS = 4.523

Según Doorenbos y Kassam, 1998, cuando se riega eficientemente un cultivo agrícola, se producen aumentos de rendimientos de significativa importancia en relación a cultivos regados en forma deficiente; al mismo tiempo, se obtienen otros beneficios adicionales, que determinan en gran medida el éxito económico de la actividad de producción de cultivos. Estos beneficios aseguran que las prácticas de riego basadas en el conocimiento de los aspectos fundamentales que gobiernan el comportamiento del sistema suelo planta atmósfera sean altamente rentables y constituyan una inversión que rápidamente entrega sus frutos para el productor individual y para su región. Por otro lado, en cuanto a la eficiencia en el consumo de energía eléctrica en el mismo cuadro 1 se observa que la más baja eficiencia se obtuvo en el tratamiento del testigo del productor, requiriendo 84.55 kWh para producir una tonelada de fruta comercial, mientras la mayor eficiencia de energía eléctrica se obtuvo con el uso del tensiómetro con 70.93 kWh t, observándose una eficiencia mayor de 1.9% y 19.2% en relación al criterio de riego de la fórmula ETc y la del productor respectivamente. Según Alfaro y Marín, 1999, los requerimientos de energía (ER) para el sistema de riego por micro aspersión es de 957 y 1,355 kWh por ha-1 ciclo, de acuerdo a su eficiencia potencial (Ep) y eficiencia real (Ea), En huertas de cítricos, el riego es la práctica más importante en la productividad, sin embargo, es la que genera los mayores costos por jornales, energía eléctrica, operación y mantenimiento de la infraestructura. Una oportuna frecuencia de riego, asociada con la uniformidad en la reposición de agua, determina la posibilidad de alcanzar el rendimiento potencial del cultivo y resulta tan importante o más que la infraestructura de la conducción del agua en la huerta.

Conclusiones

Si el objetivo de los productores es incrementar los rendimientos de cosecha por unidad de superficie, el presente estudio muestra que con el uso de los tensiómetros y con la aplicación de mayores volúmenes de agua, en comparación con los que generalmente usan, es posible incrementar significativamente la producción de cosecha además de hacer un uso más eficiente del agua de riego y de la energía eléctrica y se comprueba que los volúmenes de agua que aplica el productor es insuficiente para las necesidades hídricas de las huertas.

Literatura citada

- Alfaro, J. F. Y J. Marin V. 1999. Uso de agua y energía para riego en America Latina. Alfaro & Associates. P. O. Box 4267, Salinas, CA 93912, Estados Unidos (FAX: (408) 663-3008). PNUD/Brasil
- Amoros, M. 1993. Riego por goteo en cítricos. Mundi-Prensa, Madrid, España. 320 p.
- De La Fuente, S. H. 2006. Fertirrigación en Cítricos de Nuevo León. Informe final del proyecto. INIFAP-CIRNE- Campo Experimental General Terán. General Terán, Nuevo León.
- Doorenbos J. y Kassam A. H. 1998. Efectos del Agua Sobre el Rendimiento de los Cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje 33. FAO. ROMA
- Internacional Irrigation Center (IIC), 2002. Curso de Diseño y Sistemas de Riego por Goteo y Aspersión. Universidad Estatal de Utha. EE.UU.
- Koo, R.C.J. 1969. Evaporation and soil moisture determination as aguide to citrus irrigation. Proc. Int.Citrus Synposium. 3:1725-1730
- Molden, D. J.; Sakthivadivel, R.; Christopher, J.; Perry, Ch. F. and Kloezen, W. H. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems. International Water Management Institute. Colombo, Sri Lanka: (Research Report 20).
- Peralta, J., y R. Ferreyra. 1991. Tecnología de riego en frutales. IPA La Platina 67:43-49.

MODELO DE LA RESPUESTA DEL MAÍZ A DEFICIT HÍDRICOS DEL SUELO EN DOS ETAPAS DE CRECIMIENTO

Inzunza Ibarra, Marco Antonio¹, Villa Castorena Ma. Magdalena¹, Catalán Valencia Ernesto Alonso¹, Sánchez Cohen Ignacio¹ y Román López Abel¹

Centro Nacional de Investigación en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias¹. E-mail: inzunza.marco@inifap.gob.mx.

Resumen

La optimización del agua de riego en las áreas agrícolas, es indispensable para una agricultura sustentable y eficiente, esto es más relevante en regiones áridas y semiáridas. Se requiere conocer el requerimiento de agua de los cultivos explotados y utilizar cultivos más eficientes en la conversión del agua a grano y materia seca. El estudio tuvo como objetivo determinar el modelo de producción al agua, en dos etapas de crecimiento del maíz, creciendo con estrés hídrico en el suelo. Los siete tratamientos ensayados, fueron los resultantes del diseño de tratamientos San Cristóbal para dos factores: (40-40), (40-80), (60-60), (60-100), (80-40), (80-80) y (100-60) de la humedad aprovechable del suelo, consumida por el maíz en la etapa de emergencia a inicio de floración y de ésta a madurez fisiológica, respectivamente. Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas en los tratamientos fueron, rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$), eficiencia de uso de agua del maíz ($kg\ m^{-3}$) y el régimen de humedad en el suelo. Los resultados mostraron que el maíz alcanza el mayor rendimiento de grano y eficiencia de uso del agua del orden de $11.4\ t\ ha^{-1}$ y de $1.81\ kg\ m^{-3}$, al desarrollarse con aproximadamente el 61-62 por ciento de la humedad aprovechable consumida del suelo, en la etapa vegetativa y reproductiva, respectivamente. Además se encontró que el consumo óptimo del maíz fue de 40 y 23 cm de lámina de agua en las etapas consideradas.

Palabras clave: *Zea mays L., función de producción de agua y estrés hídrico del suelo.*

Abstract

Irrigation water optimization in agricultural areas is fundamental for agriculture sustainability and efficiency; this is more relevant in arid and semiarid regions. It is necessary to know the water requirements of cultivated crops and utilize crops with higher water to grain conversion and dry matter efficiency. The study had as an objective to determine the model of production to water in two stages of the maize growth cycle, which grew in a water stress soil environment. The seven applied treatments were resultant from the San Cristóbal treatment design with two study factors: (40-40), (40-80), (60-60), (60-100), (80-40), (80-80) and (100-60) of consumption available soil moisture, consumed by the maize in the stage of emergence to flowering commencement and from previous to physiological maturity, respectively. The treatments were randomly distributed in a random experimental block design with four repetitions. The measured variables in the treatments were grain yield ($t\ ha^{-1}$), water use efficiency of the maize ($kg\ m^{-3}$) and the regimen of soil moisture. Results show that the maize reaches maximum grain yield and water use efficiency in the order of $11.4\ t\ ha^{-1}$ and $1.81\ kg\ m^{-3}$ by developing under approximately 61-62 percent of available soil moisture, consumed in the vegetative and reproductive stages, respectively. It was also found that the optimum water consumption of the maize was 40 and 23 cm of water in the considered growing stages.

Key Words: *Zea mays L., water production function, and soil water stress.*

Introducción

Una estrategia para resolver uno de los mayores problemas de la Comarca Lagunera, la escasez y calidad del agua para uso urbano y agrícola, es la optimización de este recurso por ambos sectores, para lo cual se requiere su uso racional y conocer el requerimiento de los cultivos explotados actualmente y el utilizar cultivos más eficientes en la conversión del agua de riego a grano y materia seca (Farré y Faci, 2009). De acuerdo a lo expresado, es fundamental conocer la relación existente entre el rendimiento de este cultivo y la cantidad de agua utilizada así como su eficiencia de uso del agua que permita optimizar su uso y maximizar su producción de grano (Kassam *et al.*, 2007). La

estrategia de estudio para alcanzar lo expuesto, fue la determinación de la función de producción del agua de riego y los coeficientes de ajuste de la evapotranspiración por desarrollo de cultivo. Ya que con la primera se conoce la respuesta del maíz a diferentes contenidos de humedad del suelo y la segunda permite conocer a detalle el consumo de agua del cultivo, durante su ciclo vegetativo de crecimiento. Además estas relaciones permiten la obtención de modelos que por su grado de generalidad pueden ser utilizados en otras regiones con condiciones climáticas similares. Esto resulta importante porque se tienen herramientas robustas para la toma de decisiones en la planeación regional del manejo de volúmenes disponibles y de qué cultivos explotar, de acuerdo a sus requerimientos hídricos.

Materiales y Métodos

Este trabajo de investigación se llevó a cabo durante el ciclo agrícola del verano del 2010, en terrenos del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA INIFAP), ubicado en la Comarca Lagunera en el Ejido las Huertas del municipio de Gómez Palacio, Durango. El clima de la región es de tipo desértico con escasa humedad atmosférica, precipitación pluvial promedio entre 200 y 300 mm anuales en la mayor parte de la comarca y de 400 a 500 mm en la zona montañosa oeste, con evaporación media anual de 2,600 mm; y temperatura media anual de 20°C. Se clasifica como BW(h')h w(e) que corresponde a muy árido, cálido con temperatura media anual de 22°C y temperatura media del mes más frío de 18°C. El período libre de heladas se ubica entre abril a octubre, y pueden presentarse granizadas durante mayo. Las lluvias son en verano, con un porcentaje de lluvias invernales que va de 5 a 10.2%. Para obtener la función de producción al agua de riego se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar y el diseño de tratamientos San Cristóbal de dos factores (Rojas, 1962). De acuerdo a la metodología del citado diseño de tratamientos para dos factores, se eligieron únicamente siete tratamientos en forma estratégica de un total de 16 combinaciones del original factorial 4x4. Este diseño asegura que el muestreo sea lo suficientemente eficiente que sea capaz de representar la totalidad del factorial completo. El primer factor fue la variación del contenido de humedad del suelo en la etapa de siembra a inicio de floración (HAC1) y el segundo fue la variación del contenido de humedad del suelo en la etapa de inicio de floración a madurez fisiológica (HAC2). Para ambos factores, se ensayaron cuatro 4 niveles de estudio y fueron el aplicar 40, 60, 80 y 100% de la humedad aprovechable consumida por el maíz. De acuerdo al diseño de tratamientos San Cristóbal referido, los siete tratamientos resultantes de riego ensayados en el campo fueron los siguientes, 1: 40-40, 2: 40-80, 3: 60-60, 4: 60-100, 5: 80-40, 6: 80-80 y el 7: 100-60 de la humedad aprovechable consumida del suelo, en la primer y segunda etapa del maíz. El riego a los tratamientos fue aplicado cuando fue consumido el nivel de la humedad aprovechable del suelo prefijada en el perfil de 0-90 cm del suelo. Para la determinación del abatimiento de la humedad del suelo para cada tratamiento, se utilizó el método gravimétrico usando barrenas tipo vehimeyer en cada uno de los tratamientos en todo el desarrollo vegetativo del maíz. Las dimensiones de las unidades experimentales fueron de 4 m de ancho y 5 de largo para formar un área de 20 m² de parcela experimental. Las variables respuesta medidas fueron el rendimiento de grano (t ha⁻¹) y el contenido de humedad del suelo.

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 muestra el régimen de humedad al en el suelo al que fueron sometidos los tratamientos estudiados. El consumo de agua del maíz para la primer etapa fenológica del maíz, ET₁ (siembra a inicio de floración) fluctuó de 25.0 a 46.2 cm, que se observaron en el tratamiento de mayor restricción de agua y el de menor restricción de este recurso, respectivamente y en la segunda etapa ET₂ (floración a madurez fisiológica), el consumo de agua se mostró en un rango de 13.1 a 30.4 cm respectivamente, bajo similares condiciones de humedad que en la primer etapa. La humedad aprovechable del suelo consumida por el maíz, al momento del riego, se estudió en un rango del 43.0 al 94 y del 44 al 100 por ciento de la humedad aprovechable en el suelo, para la primer y segunda etapa, respectivamente. En cuanto a su equivalente en tensión de humedad del suelo realizada por el maíz para extraer el agua, este parámetro varió de -0.248 a -1.52 y de -0.25 a -1.52 MPa en la primer y segunda etapa, respectivamente. La Figura 1 muestra el comportamiento del rendimiento de grano (t ha⁻¹) del maíz, como respuesta a las condiciones diferentes de humedad del suelo en cada tratamiento

ensayado en el campo. El análisis de varianza, mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($\alpha = 0.01$). El tratamiento 60-60 tuvo un rendimiento de grano promedio más alto, fue de 10.3 t ha^{-1} . Este valor de producción, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey (Figura 1), resultó estadísticamente más alto que el resto de los tratamientos ensayados ($\alpha = 0.05$) y se obtuvo al aplicar el riego al consumir el maíz el 60 y el 59 % de la humedad aprovechable del suelo, esto es, aplicar el riego cuando el suelo presente una tensión de -0.48 y -0.461 MPa para extraer la humedad del suelo en la primer y segunda etapa del maíz. Por otro lado, los rendimientos más bajos se obtuvieron en los tratamientos 60-100 y 100-60, alcanzaron un rendimiento promedio de 5.06 y 5.36 t ha^{-1} respectivamente, y tuvieron en común crecer bajo condiciones de estrés hídrico cercanas al punto de marchitez permanente en alguna de sus etapas estudiadas. De acuerdo al análisis de Tukey de comparación de medias mostrado en la Figura 1, estos tratamientos resultaron ser estadísticamente inferiores en rendimiento con respecto al resto de los tratamientos, pero iguales entre sí. El análisis anterior permite concluir que los resultados muestran una respuesta no lineal del rendimiento de grano del maíz por condiciones de diferentes regímenes de humedad del suelo al momento del riego. Es decir, un efecto negativo sobre el rendimiento debido a los diferentes niveles de abatimiento de humedad estudiados. Por medio del procedimiento del análisis de regresión (SAS, 1999), se ajustaron los datos observados del rendimiento de grano del maíz como variable dependiente y la humedad aprovechable consumida al momento del riego como variable independiente, la función encontrada se presenta en la ecuación: $R_g = -15.139 + 0.4094*HA_1 + 0.512*HA_2 - 0.0042HA_1^2 - 0.005*HA_2^2 + 0.0013*HA_1HA_2$ $R^2 = 0.90$. Donde HA representa la humedad aprovechable consumida del suelo al momento del riego (%) y R_g el rendimiento de grano del maíz (t ha^{-1}). Al realizar el análisis de optimización de la función obtenida se concluyó que el maíz maximiza su producción de grano $R_g^* = 11.4 \text{ t ha}^{-1}$, al desarrollarse bajo un régimen de humedad del suelo equivalente a $HA_1^* = 57$ y $HA_2^* = 58$ % de la humedad aprovechable consumida para la primera y segunda etapa, respectivamente. Al relacionar la producción de grano del maíz en función de la lámina de agua consumida correspondiente para cada tratamiento ensayado en campo, se encontró que entre ambas variables existió una relación de tipo cuadrática

Cuadro 1. Régimen de humedad del suelo resultante de los tratamientos ensayados en campo

TRAT.	ET ₁ cm	ET ₂ cm	HA ₁ %	HA ₂ %	T ₁ MPa	T ₂ MPa
1	39.39	33.24	42	43	-0.242	-0.263
2	39.39	26.35	42	82	-0.237	-1.058
3	32.64	30.21	61	62	-0.503	-0.492
4	32.68	20.11	61	93	-0.503	-1.497
5	28.54	36.24	79	42	-1.028	-0.250
6	28.72	27.47	79	83	-1.028	-1.123
7	17.77	30.21	94	61	-1.320	-0.4843

ET1, ET2= agua consumida por el maíz en la primera y segunda etapa respectivamente; HA₁, HA₂ = humedad aprovechable consumida en la primera y segunda etapa; T₁, T₂ = tensión de humedad del suelo en la primer y segunda etapa.

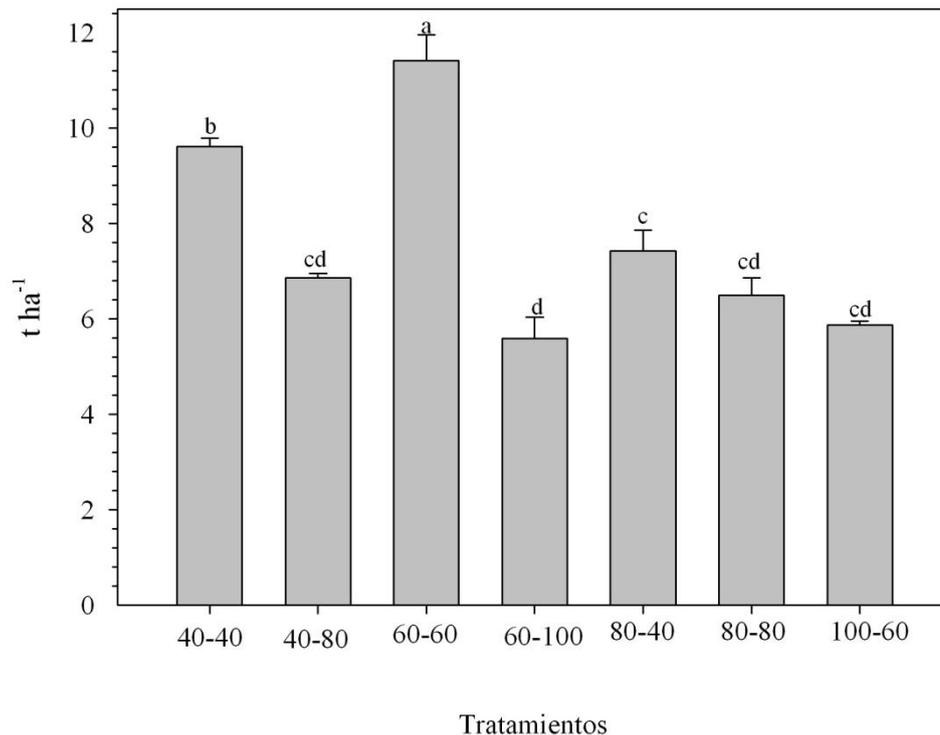


Figura 1. Respuesta del rendimiento de grano a la variación del régimen de humedad del suelo en dos etapas del crecimiento del maíz y análisis de Tukey de comparación de medias ($\alpha = 0.05$) de los tratamientos ensayados.

Dicha función obtenida, después de realizar el análisis de regresión entre ambas variables (SAS, 1999) resultó la ecuación: $R_g = -34.7573 + 0.8245*ET_1 + 1.8253*ET_2 - 0.0116*ET_1^2 - 0.0283*ET_2^2$. $R^2 = 0.54$. Donde R_g es el rendimiento de grano ($t\ ha^{-1}$), ET_1 y ET_2 es la lámina consumida en la primer y segunda etapa (cm) y R^2 representa al coeficiente de determinación. Posteriormente se realizó un análisis de optimización de la función obtenida. De este análisis se concluyó que el maíz maximiza su producción de grano a $8.5\ t\ ha^{-1}$, al consumir el cultivo una lámina de agua de 35 y de 32 cm durante el desarrollo de la primer y segunda etapa fenológicas citadas.

Conclusiones

De acuerdo al análisis de la función de producción generada, el rendimiento de grano del maíz tuvo una respuesta no lineal a los diferentes contenidos de humedad del suelo ensayados en el estudio. Con la optimización de la función de producción al régimen de humedad se deduce que los valores óptimos son similares a los del tratamiento 60-60 de irrigar el maíz cuando éste realice un esfuerzo para extraer el agua del suelo de 57 y 58 % de

Literatura Citada

- Farré, I., J. M. Faci. 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management* 96:383–394.
- Kassam, A. H., D. Molden, E. Fereres, J. Doorenbos. 2007. Water productivity: science and practice-introduction. *Irrigation Science*. 25:185–188.
- Mansouri, F. C., S. A. Mohammad, M. Sanavy, S. Farhad. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions. *Agricultural Water Management*. 97: 12–22
- Rojas, B. A. 1962. The "San Cristóbal" design for fertilizer experiments. *Proc. Of the Int. Soc. of Sugarcane Technologists*. 14:1085-1093

DETERMINACION DE LAS CANTIDADES DE CALCITA-ÁCIDO SULFÚRICO Y VOLUMEN DE AGUA PARA RESTAURAR UN SUELO AFECTADO POR EXCESO DE SALES SOLUBLES Y SODIO INTERCAMBIABLE

Tarín Ramírez, Jesús Manuel; Miramontes Flores, Benjamín y Perea Cantero Jorge A.
Departamento de Producción Agrícola y Animal de la UAM-X. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, D.F. 04960. Tel 54837185. jesmantar1@yahoo.com.mx

Resumen

El agua requerida para lavar suelos salinos, ha sido calculada utilizando las ecuaciones de Volobuyev, V.R. (1959), la de Valabieue (Karimi, A.1997). Pazira E., et al., (1998), adaptaron una ecuación exponencial para calcular la lámina de agua para lixiviar las sales solubles del suelo. En este trabajo se presenta un modelo de regresión potencial en el que se toma en cuenta el porcentaje de saturación (PS), densidad aparente (Da), profundidad del suelo, necesidad de calcio (Nec Ca) y las conductividades eléctricas inicial, generada y final de los suelos, así como también la calidad del agua usada en el lavado. La formula bajo condiciones de laboratorio utilizando suelos de tres parcelas de la zona lacustre de Xochimilco-Tlahua, al sur del D. F. y se evaluó en campo disminuyendo el contenido de sales y de sodio intercambiable del complejo a concentraciones adecuadas para cualquier cultivo sensible.

Palabras clave: *Degradación y Rehabilitación del Suelo, Suelos sálinos y sódicos.*

Abstract

The water requerid to wash saline soils has been calculated using the equatios of Volobuyev, R., (1959), of Valabieue (Karimi, A. 1997). Pazira, E., et al (1998), adapted an exponential equation to calculate the water surface to leach soluble salts from the soils. This paper presents a power regression model which takes into account the percent of saturation (PS), bulk density (Da), depth, need calcium (Ca Nec) and electrical conductivities initial and final generated soils, as well as the quality of water used in washing.

Keywords: *Soil degradation and rehabilitation, salinity and sodic soil.*

Introducción

Gupta (1986) reporta que a nivel mundial, existe 77 millones de Km² de tierras afectadas por exceso de sales. Posteriormente, Ortíz (1997), señalan que la salinidad y la sodicidad de los suelos cubre una superficie de alrededor de 1000 millones de hectárea, localizadas principalmente en zonas áridas y semiáridas. Entre los países más afectados sobresalen: Australia, Argentina, Estados Unidos, China, Irán, India, entre otros. La salinidad y/o sodicidad en los suelos agrícolas, representa uno de los grandes problemas de la degradación de los suelos, recurso fundamental para la producción de alimentos. Esto se refleja, en el número de cultivos por establecer y perdidas porcentuales en sus rendimientos; dependiendo del cultivo, tipo y concentración de sales., (Bernstein, L., 1974; Mass-Hoffman, 1977; Pizarro F., 1985; Mkenzie, 1997; Porta 2003). Actualmente una tercera parte de las tierras de riego en el mundo están degradadas por efecto de la salinidad y/o sodicidad, Obregón (1996). En México la SARH, (1984 –1988) señala que la superficie afectada por salinidad es de más de 7 millones de hectáreas, de las cuales 520, 000 ha., son de riego. Ante esto, diversos investigadores, han realizado grandes esfuerzos para resolver esta problemática. Sin embargo, hoy día se puede afirmar que el proceso de acumulación de sales y sodio en los suelos no tan solo continúa si no que se ha incrementado. El presente trabajo tiene como objetivo, difundir una metodología que de manera simultáneamente elimina las sales solubles existentes en el suelo, las sales generadas por los mejoradores cálcicos al desplazar el sodio del complejo de cambio y los volúmenes de agua requeridos en el proceso.

Materiales y métodos

En el proceso de restauración se utilizaron suelos de la zona lacustre Xochimilco-Tlahuac, localizada al sur del Distrito Federal, en donde inclusive ni el romerito (Cultivo muy tolerante), lograba

desarrollo alguno. Las muestras de suelos se obtuvieron a 30 cm. de profundidad, se secaron al aire libre y bajo sombra, se tamizaron y se les determinó: Da, Nec. de calcio, pH en pasta, porcentaje de saturación y conductividad eléctrica en el extracto. La cantidad del mejorador se realizó, con base a la necesidad de calcio y la lámina de agua se estimó considerando la conductividad eléctrica inicial del extracto y la generada por el desplazamiento del sodio del complejo de cambio por el calcio del mejorador. Para ello se utilizó la siguiente ecuación empírica exponencial

$$L_t = e^{\ln L_s + (\ln C_{Etotal} - \ln C_{Efinal})/1.5362}$$

Donde:

$$L_s = (PS \times Da \times Pr)/100$$

PS = Porcentaje de saturación (%)

Da = Densidad aparente (gr/cm^3)

Pr = Profundidad de restauración del suelo (cm)

$C_{Etotal} = C_{Einicial} + C_{Egenerada}$

$C_{Egenerada} = (\text{Nec. Ca} \times 100)/PS$

Ln = Logaritmo natural

El tratamiento consistió en la aplicación de calcita y ácido sulfúrico, en cantidades equivalentes lo que significa químicamente, que el ácido se neutralizó totalmente por la calcita, sin provocar efectos secundarios en los organismos del suelo. La calcita se incorporó directamente al suelo y el ácido se mezcló con los volúmenes de agua calculados, vigilando una dilución no menor en promedio 1:1000, para mantener el agua acidulada a baja concentración. El mejorador puede aplicarse en un solo evento o fraccionado, dependiendo de la economía del productor. El tiempo para la restauración total del suelo, dependerá de la disponibilidad de los insumos, si estos no constituyen problema, la restauración es inmediata. No obstante el establecimiento del cultivo debe realizarse cuando el pH del suelo, alcance valores adecuados.

La fórmula propuesta se generó en el laboratorio de aguas y suelos de la UAM-X., posteriormente se evaluó en tres parcelas salino sódicas localizadas en la zona lacustre de Xochimilco-Tlahua: 1) San Juan Ixtayopan, 2) Xaltocán Xochimilco y 3) San Gregorio Atlapulco. Se estableció como cultivo de prueba el Rabanito (*Raphanus vulgaris*).

Las variables de estudio antes y después de los tratamientos fueron: La salinidad y sodicidad del suelo y del agua, así como el rendimiento del cultivo.

Resultados y discusión

Los suelos presentan un pH medianamente básico y básico para el caso de la parcela de Xaltocán, los suelos de las parcelas de San Juan Ixtayopan y Xaltocán, mostraron altos contenidos de sales solubles y sodio intercambiable, mientras que la de San Gregorio fue salina. Después de la aplicación del tratamiento los pH descendieron a medianamente ácidos y neutro para el caso de San Juan Ixtayopan. La conductividad eléctrica disminuyó a valores menores de 2 dS/m. Y el desplazamiento de sodio del complejo de cambio, estimado a través de la necesidad de calcio, varió de 17 a 6.5 y de 18.3 a 5.5 Cmol (+) Kg^{-1} , para las parcelas de San Juan Ixtayopan y Xaltocán respectivamente, condición que permite el establecimiento de un gran número de cultivos incluyendo los sensibles. Los suelos de la parcela de San Gregorio Atlapulco, prácticamente no mostró cambios sobre este particular. Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los suelos de la zona de estudio

Determinación	San Juan Ixtayopan	Xaltocán Xochimilco	San Gregorio Atlapulco
pH	7.7	7.9	7.6
CEext. (dS/m)	11.6	26.0	20.3
PS (%)	113.3	109.5	110.8
Nec. Ca Cmol (+) kg ⁻¹	17.0	18.3	6.6
Da (gr/cm ³)	1.0	0.82	1.0
CIC (Cmol (+) kg ⁻¹)	31.9	45.7	25.6

Cuadro 2. Valores promedios de la salinidad y sodicidad de los suelos estudiados

Características	San Juan Ixtayopan	Xaltocán Xochimilco	San Gregorio Atlapulco
pH	7.1	5.5	5.8
CE (dS/m)	1.9	1.5	1.1
Nec. Ca Cmol (+) kg ⁻¹	6.5	4.3	5.5

Conclusiones

Utilizando la ecuación propuesta, para calcular el agua requerida, para el lavado de los suelos con excesos de sales solubles, se puede bajar la CE desde cualquier valor hasta una CE deseada o adecuada para el cultivo que se pretenda establecer.

Los datos de la CE-final de las muestras de suelo analizadas no mostraron diferencias significativas y los suelos de las tres parcelas analizadas mostraron una conductividad eléctrica adecuada para el establecimiento del cultivo de rabanito los cuales crecieron y se desarrollaron sin síntomas de afectación por salinidad y sodicidad.

Antes de aplicar el lavado a los suelos salino-sódicos o sódicos no salinos, se recomienda desplazar el sodio adsorbido a las micelas, con una mezcla equivalente de calcita- ácido sulfúrico.

Literatura citada

- Allison L. E. Brown w. H. Hayward E. L. Richards A. 1985. Determinación de las Propiedades de Suelos Salinos y Sódicos: Diagnóstico y Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Richrads L. A. edit. USDA., Limusa. México. Pags. 172.
- Bernstein, L. 1974. Crop growth and salinity. Drainage for agriculture. Agronomy 17:39-54.
- Dregne, H. E., Xiong, Z. & Xion, S. 1995. Soil salinity en China. Ed. H. E. Dregne. Texas Tech University Press. USA. Pags. 28.
- E. V. Mass & G. J. Hoffman, 1977. Crop Salt Tolerance. Journal of the Irrigation and Drainage, Division. Vol. 103. Num. 112; pags. 115-134.
- Gupta, R. K. Abrol Y. P. 1990. Salt- affected Soil: Their Reclamation and Production. Advances In Soil Science, Vol. 11, 223 – 284.
- Karimi, A. 1997. Desalinization of heavy textured soils in Tabriz floodplain by plowing at various depths. Iranian Journal of Agricultural Sciences. 28: 3, 37-48.
- Mckenzie et al. 1997. Use of the electromagnetic-induction meter (EM 38) as a tool in managing salinisation, Hidrogeol. J 5 (1997)., pags. 37-50.
- Obregon, A. 1996. Salinidad: Conceptos en Salinidad: un nuevo concepto. Ed. Universidad de Colima, México. Pags. 135.
- Ortiz Olguín M. 1997. Distribución y Extensión de los Suelos Afectados por Sales en México y el Mundo. Departamento de Suelos. UACH. Chapingo, México., pags. 42.
- Pazira, E; Keshavarz, A; Torii, K; Yamamoto, T; Ragab, R (ed.); Pearce, G. 1998. Studies on appropriate depth of leaching water. The use of saline and brackish water for irrigation. Implications for the management of irrigation, drainage and crops. Proceedings of the International Workshop at the Tenth ICID Afro-Asian Regional. Conference on Irrigation and Drainage, Denpasar, Bali, Indonesia, 19-26 July, 1998. 1998, 328-338.
- Pizarro. F. 1985. Drenaje Agrícola y Recuperación de Suelos Salinos. Ed. Agrícola Española. S. A. Madrid España. Pags. 92.
- Porta, J., M. López-Acevedo y C. Roquero, 2003. Edafología Para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid España. Pags. 927.

- SARH., 1984-1988. Áreas afectadas por salinidad, sodicidad y drenaje en los Distritos de Riego, en México. Jefatura de Ingeniería de Distritos de Riego y Drenaje. SAGARPA, México, D. F.
- Volobuyev, V.R. 1959. La determinación de las normas de lavado en el mejoramiento de los suelos salinos. Hidrotécnica y Mejoramiento N° 12. Trad. Manuel Ortega Escobar.

REHABILITACIÓN DE UN SUELO SALINO SÓDICO ESTABLECIENDO FRIJOL (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) COMO CULTIVO DE PRUEBA EN EL EJIDO DE SAN JUAN IXTAYOPAN, TLAHUAC, MÉXICO D.F.

Tarín R. Jesús Manuel¹; Borroto P. Matilde²; Reyna R. Cristian²; Perea C. R. A¹, Moisés García-Fuentes, María Díaz-Paredes, Jorge García-Muñiz, Juan Pablo González-Mancera. spues de ¹Departamento de Producción Agrícola y Animal de la UAM-X. Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Coyoacán, D.F. 04960. Tel 54837185. jesmantar1@yahoo.com.mx

²Programa de Superación Académica. UAM-X.

³Estudiantes de Licenciatura de Agronomía UAM-X

Resumen.

En el ejido de San Juan Ixtayopan, Tlahuac, México, D.F se realizó un experimento para probar el efecto de calcita combinada con ácido sulfúrico y laminas de lavado, para la rehabilitación de la capacidad productiva de un suelo agrícola salino sódico. Con base a la demanda de calcio del suelo, se probaron 4 tratamientos: T1 (100% de la demanda), T2 (75 % de la demanda), T3 (50 % de la demanda) y T0 (0 % de la demanda), con 3 replicas bajo un diseño experimental completamente aleatorio, estableciendo como cultivo de prueba el frijol (*Phaseolum vulgaris* L.), sembrado a razón de 4 semillas por macetas de 4 kg., de suelo cada una. Al analizar la muestra del suelo testigo, se encontró una demanda de calcio de 23.9 meq/100 gr. de suelo, pH de 8.1 y una conductividad eléctrica de 39.5 dS/m. Los resultados disminuyeron la conductividad eléctrica a 2.6 dS/m en promedio, sin mostrar diferencias significativas entre los tratamientos T1, T2 y T3. En cuanto a la demanda de calcio después de aplicados los tratamientos fue de 2.5, 5.6 y 8.1 meq/100gr., de suelo, para los tratamientos de 100%, 75% y 50% de la demanda de calcio respectivamente. El pH descendió a valores promedio de 5.9 Los porcentajes de germinación fueron del 91.7 %; 66.7 %; 25 % y de 0 % para los tratamientos de T1, T2, T3 y T0 respectivamente.

Palabras clave: *Rehabilitación de suelos, salinidad, sódico, mejorador químico, calcita, ácido sulfúrico, lamina de lavado.*

Abstract:

For the rehabilitation of the productive capacity of an agricultural soil contaminated with sodium, an experiment was conducted in the ejido of San Juan Ixtayopan, Tlahuac, Mexico, D.F, to evaluate the effect of calcite and sulfuric acid application combined with soil washing. Based on the demand of calcium from the soil, 4 treatments were applied : T1 (100% of the demand), T2 (75% of the demand), T3 (50% of the demand) and T0 (0% of the demand). The experiment was conducted in greenhouse with kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.), in 4kg pots with 4 seeds by pot .The experimental design was completely random with three replications. The demand of calcium for the control group was 23,9 meq/100 gr., pHs of 8,1 and a CE of 39,5 dS/m. The results of the experiment were: the electrical conductivity diminished to 2,6 dS/m in average, without significant differences between treatments T1, T2 and T3. The calcium demand was of 2,5, 5,6 and 8,1 meq/100gr for the 100%, 75% and 50% of the demand respectively. The pH descended in an average from 5,9 % from germination to 91,7%; 66,7%; 25% and of 0% for the treatments of T1, T2, T3 and T0 respectively.

Key words: *Ground rehabilitation, salinity, sodium, chemical enhancer, calcite, sulfuric acid, lamina of washing.*

Introducción

La salinidad es uno de los problemas ambientales más antiguos de la humanidad, limita la productividad de los cultivos y la distribución de las plantas en la naturaleza. La Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos incluye a la salinidad de los suelos y las aguas, como uno de los procesos principales que contribuye a la catástrofe biológica mundial. Este problema afecta el crecimiento activo de la semilla al ser afectada por el estrés, a través de su influencia sobre diferentes procesos fisiológicos y bioquímicos, principalmente por su efecto sobre las relaciones hídricas así como por la toxicidad de iones (Camejo, et al 2000).

Porta(2003), define a la salinización como el proceso de acumulación de sales más solubles que el yeso en suelos, con predominio de Ca y Mg. Las sales tanto las de Ca, Mg, K como las de Na, son de diferente procedencia. En general, pueden ser de origen natural o provenir de contaminaciones antrópicas. Esta acumulación de sales, con un fuerte predominio de Ca y Mg son producto del impedimento principalmente el químico (Layanez,*etal*2007-2008).

El uso indiscriminado de grandes cantidades de fertilizantes químicos y la sobre-explotación de los acuíferos han ocasionado un drástico aumento de la salinidad mundial. El agua de irrigación puede causar salinidad en el suelo y es un problema grave para la agricultura, en regiones áridas y semiáridas, parece ser uno de los factores más importantes de tensión abiótica que limita seriamente la productividad (Martí *et. al.*, 2011). Actualmente, la tercera parte de las tierras irrigadas en el mundo están afectadas por la desertificación a causa de salinidad (Layanez,*et al* 2008).

En México las áreas de producción agrícola que presentan mayores problemas de salinidad y de drenaje se localizan principalmente en los distritos de riego del norte del país, ya que los distritos de riego son las áreas agrícolas más productivas, la salinidad es considerada un problema serio. La escasez del agua en regiones áridas promueve procesos naturales de la salinización del suelo y con ello la productividad del suelo se afecta significativamente (Tejedor,*etal* 2007). Debido a la dinámica de la salinización y su distribución en los terrenos, se requiere de métodos que proporcionen resultados a corto plazo y que ayuden a dar seguimiento a la efectividad de las medidas aplicadas para la rehabilitación de los suelos. Las concentraciones de sales solubles altas afectan las propiedades coligativas de la solución en la cual las raíces están expuestas, específicamente mediante la reducción de su potencial osmótico. En un contexto agrícola, un suelo es considerado salino si la conductividad eléctrica (CE) del extracto de saturación excede 4 dS/m a 25°C y el porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico del suelo ocupado por sodio es menor que 15. El valor de 4 dS/m corresponde aproximadamente 40 meq/l de sales; sin embargo, no existe un límite bien definido entre suelos salinos y no salinos (Pulido, *et al* 2010).

Porta (2003), señala que en los últimos 50 años se han propuesto diferentes métodos para rehabilitar el problema de salinidad y sodicidad en los suelos. Sin embargo no se han registrado procedimientos que arrojen resultados significativos que indiquen una rehabilitación o reversión del problema. Por ello debe considerarse la elaboración y ejecución de proyectos de ayuda técnica y económica, para: incrementar la eficiencia de un plan de acción contra la salinización e incrementando la productividad de la tierra. (González,*et al* 2004)

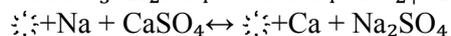
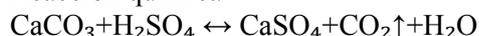
En un estudio realizado sobre el mejoramiento de suelos salinos sódicos con implementos de labranza y la aplicación de ácido sulfúrico, en Pakistán durante el periodo de 2.5 años se encontró que hubo una disminución en los parámetros de salinidad (conductividad eléctrica, pH, y PSI), con un gradual aumento de los rendimientos de arroz y trigo en grano. Además se observó que la aplicación de ácido sulfúrico dio como resultado un mayor rendimiento y promovió la mejoría rápida de los suelos salinos-sódicos (Sadiq,*et al* 2007). Con base a lo anterior en la presente investigación se propone rehabilitar la capacidad productiva de la tierra agrícola salino sódica de la parcela —Rancho el Abuelo” en el ejido de San Juan Ixtayopan, Tlahuac, México, D.F. por medio de la aplicación de un mejorador químico con una lamina de lavado y estableciendo como cultivo de prueba el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), teniendo como objetivos: Diagnosticar, evaluar y caracterizar el estado actual del proceso de salinidad en los suelos agrícolas de la zona de estudio, determinar la cantidad de calcita (CaCO₃) y agua acidulada con ácido sulfúrico, para rehabilitar un suelo salino sódico y por ultimo evaluar la respuesta del cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris L.*).

Materiales y Métodos.

La parcela de estudio está ubicada en San Juan Ixtayopan, Tlahuac, México D.F. en el Barrio de la Lupita, tercer ejido, cuenta con una superficie de 11000 m² y es llamada —Rancho el Abuelo” con las coordenadas Lat. N 19° 14' 38.4'', Long. W 98° 59' 40.4'' a una altura de 2242 msnm. Colinda con los pueblos de Santiago Tulyehualco y San Antonio Tecomitl. Actualmente cuenta con una población aproximada de 35 mil habitantes, INEGI (2000). Se tomaron 6 muestras representativas de 1.5 kg de suelo cada una a 30 cm de profundidad; se les determinó: pH, densidad aparente, conductividad eléctrica, textura, cationes y aniones solubles y demanda de calcio. Con base a los datos de la demanda de calcio, se generaron 4 tratamientos T1 (100% de la demanda); T2 (75% de la demanda); T3 (50%

de la demanda), dejando un testigo T0 (0% de la demanda) con 3 replicas, haciendo un total de 12 unidades experimentales(masetas) con 4kg de suelo cada una.La calcita (CaCO_3) es un compuesto insoluble, sin embargo al mezclarlo con un acido fuerte (H_2SO_4) su solubilidad se incrementa considerablemente. Los productos de la reacción entre la calcita y el acido sulfúrico son en cantidades estequiometricas, tomando como referencia la de demanda de calcio, de esta manera la reacción de equilibrio final, será neutra con un pH cercano a siete.

Reacción química



El CO_2 es liberado como un gas y abre los poros del suelo, forma conductos en su interior e incrementa la permeabilidad del agua y del aire. El ion Ca^{++} desplaza al Na adsorbido en las micelas y promueve la formación de agregados restaurando la estructura y la salud del suelo.

La lámina totalde lavado se obtuvo con la siguiente ecuación

$$L_t = e^{\ln LS + [(\ln C_{et}) - (\ln C_{ef}) / 1.5362]}$$

Donde:

L_t = Lamina total de lavado (Cm)

$\ln LS$ = Logaritmo natural de la lamina de saturación

$\ln C_{et}$ = Logaritmo natural de la conductividad eléctrica total de la solución del suelo

$\ln C_{ef}$ = Logaritmo natural de la conductividad eléctrica final de la solución del suelo

Descripción de la formula

$$LS = (\text{Ps} * \text{Da} * \text{Prof}) / 100$$

Donde:

Ps=Porcentaje de saturación (%)

Da=Densidad aparente (gr./cm^3)

Prof=Profundidad radicular (cm)

$$C_{et} = C_{ei} + C_{eg}$$

$$C_{eg} = (\text{Dem. Ca} * 100) / \text{Ps}$$

C_{et} = Conductividad eléctrica total (d S/m)

C_{ei} = Conductividad eléctrica inicial (dS/m)

C_{eg} = Conductividad eléctrica generada en el suelo por la aplicación del mejorador (dS/m)

Dem. Ca = Demanda de calcio (meq/100 gr. de suelo)

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos para el lavado de las unidades experimentales (u.e)

Tratamiento	Lamina Total (l)	Acido Sulfúrico (ml)	Calcita gr./u.e
T1 = 100%	36.79	24.83	47.76.
T2 = 75%	34.63	18.62	35.82.
T3 = 50%	31.96	12.41	23.88.
T0 = 0%	0	0	0 gr/4

Como cultivo de prueba se utilizó el frijol (*Phaseolus vulgaris L.*), el cual requiere suelos sin problemas de salinidad ni de sodio en el complejo de cambio y pH de a 5.8-6.7 (Porta, et al 2003).El cultivo se estableció después de aplicados los tratamientos, a razón de 4 semillas por unidad experimental (incluyendo el testigo), se aplico la formula de fertilización 80–160–240 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente, los riegos se aplicaron a capacidad de campo.

Resultados y discusión.**Cuadro 2. Resultados de los análisis del suelo T0 (antes de aplicarse los tratamientos)**

Determinación	R1	R2*	Promedio
pH (en pasta)	8.1	8.3	8.2
C.e (dS/m)	35	44	39.5
D.a (g/cm ³)	1.1	1.1	1.1
Dem. Ca (meq/100g)	23.8	24.0	23.9
Ps (%)	105	105	105

Los suelos de la zona de estudio son salino sódicos, con pH básico, extremadamente salinos y elevado contenido de sodio en el complejo de intercambio. Cuadro 2.

Cuadro 3. Resultados de los análisis de los tratamientos

Tratamiento	Determinación	R1	R2	R 3	Promedio
T1 (100%)	pH (en pasta)	5.3	6.0	6.1	5.8
	C.E dS/m	2.7	2.8	2.9	2.8
	Dem. de Ca (meq/100 gr de suelo)	2.2	2.7	2.5	2.5
T2 (75%)	pH (en pasta)	6.3	5.8	4.8	5.6
	C.E dS/m	2.5	2.6	2.2	2.4
	Dem. de Calcio (meq/100g de suelo)	5.1	5.7	6.6	5.8
T3 (50%)	pH (en pasta)	5.9	6.7	6.4	6.3
	C.E dS/m	2.5	2.7	2.7	2.6
	Dem. de Calcio (meq/100g de suelo)	8.2	7.4	8.6	8.1

Los resultados de los análisis de los suelos después de los tratamientos, indicaron que el pH promedio fue de 5.9 pasando de una condición básica a medianamente ácido, la conductividad eléctrica disminuyó de fuertemente salino a una condición normal. En cuanto a la demanda de calcio, los resultados fueron de 2.5; 5.8 y 8.1 meq/100 gr. de suelo, para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente. Cuadro 3.

Cuadro 4. Resultados de los porcentajes de germinación del frijol por tratamiento.

Tratamiento	Repetición 1 (%)	Repetición 2 (%)	Repetición 3 (%)	Promedio (%)
T0 (0%)	0	0	0	0
T1 (100%)	75	100	100	91.7
T2 (75%)	50	100	50	66.7
T3 (50%)	50	25	0	25.0

El porcentaje de germinación del cultivo de frijol, establecido por unidad experimental fue mayor en el T1 (91.7 %), que consistió en la aplicación del mejorador al 100 % de la demanda de calcio, los T2 y T3 fueron del 66.7% y 25 % respectivamente. El testigo fue de 0 % de nacencia. Cuadro 4.

Conclusiones

Las tierras del ejido de San Juan Ixtayopan, Tláhuac, México D.F. se clasificaron como suelos salino-sódicos, por ello se recomienda no establecer ningún tipo de cultivo sensible a la presencia de salinidad.

La lámina de lavado experimental y la aplicación de mejoradores (Calcita y ácido sulfúrico), demostraron ser eficientes en la rehabilitación del suelo salino-sódico, disminuyendo la concentración media de sales de 39.1 dS/m, a valores promedio de 2.6 dS/m, dejando un pH óptimo para el cultivo y bajando la demanda de calcio promedio de 23.9 meq/100 gr. de suelo a 2.5 meq/100g de suelo, dando como resultado un suelo normal. Lo cual se ratifica con un 91.7 % de germinación para el cultivo de prueba.

Literatura Citada

- Camejo D., W. Torres. 2000. La Salinidad y su Efecto en Estados Iniciales del Desarrollo de dos Cultivares de Tomate (*Lycopersicon esculentum*). Cultivos Tropicales vol. 21; Núm. 2 Abril-junio; Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana Cuba. pp. 23-26.
- Layanez, J. A. G., Mendez Natera J. R., y Mayz Figueroa J. 2007. Efecto de Soluciones Salinas Sobre la Germinación de Semilla de dos Cultivares de Maíz. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas Universidad del Zulia, Maracaibo Venezuela. Volumen 41. No. 1, Pp.73-85.
- Layanez, J. A. G., Mendez Natera J. R., y Mayz Figueroa J. 2008. Efecto de la Salinidad y del Tamaño de la Semilla Sobre la Germinación y Crecimiento de Plántulas de Maíz (*Zea mays*) Bajo Condiciones de Laboratorio. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, num.11, vol. (1): pp.17-25.
- González Núñez M., Tóth T., García D. 2004, Universidad de Juárez Autónoma de Tabasco, Universidad y Ciencia, diciembre, año/vol. 20, numero 040, Villahermosa, México, pp.85-102.
- M., Tejedor, Jiménez, C., & F. DIAZ, 2007. Rehabilitation of Saline Soils by Means of Volcanic Material Coverings. Departamento de Edafología y Geología, Facultad de Biología, Universidad de La Laguna, 38204. La Laguna, Tenerife, Spain. European Journal of Soil Science, April, Num.58, pp.490-495.
- Ortiz Olgún Miguel 1992. Distribución y Extensión de los Suelos Afectados por Sales en México y en el Mundo. Departamento de Suelos. UACH. Chapingo, México.
- Porta Jaime, Lopez- Acevedo R. Marta, Roquero de Laburu Carlos 2003. Edafología Para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid España. Pp. 254, 929-931.
- Pulido Madrigal, L, J. González Meraz, C. L. Wiegand, J. Infante Reyes y J.M. Delgado, 2010. Monitoreo de la Salinidad Mediante Sensores Remotos, Sociedad Mexicana de la Ciencia de Suelo A.C., Chapingo, México Vol. 28, num.1, enero-marzo, pp.15-26.
- Sadiq, G., Hassain, S., I. Mehdi, N. Hussain and M., Jamil, 2007. Amelioration of Saline-Sodic Soils with Tillage Implements and Sulfuric Acid Application, Soil Salinity Research Institute, PindiBatthian, Hafizabad District (Pakistan 2006).

EVALUACIÓN DE RIESGOS EN UN DEPÓSITO MINERO DEL DISTRITO DE CARTAGENA-LA UNIÓN (SE ESPAÑA) PARA ESTABLECER UNA ESTRATEGIA DE REHABILITACIÓN

Zornoza, Raúl¹, **Faz, Ángel¹**, Martínez-Martínez, Silvia¹, Acosta, Jose Alberto¹, Carmona, Dora María^{1,2}

¹ Gestión Aprovechamiento y Recuperación de Suelos y Aguas. Dpto. de Ciencia y Tecnología Agraria. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 52, 30230 Cartagena. Murcia. (España). E-mail: angel.fazcano@upct.es

² Grupo de Investigaciones Ambientales. Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín. (Colombia). Circular 1ª # 70-01

Resumen

El objetivo de este estudio es proponer una estrategia de rehabilitación de un depósito minero en función de la evaluación de riesgos llevada a cabo tras la realización de la caracterización del material de superficie. Se seleccionó un depósito de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión (SE España), donde se tomaron muestras superficiales para determinar diferentes propiedades físico-químicas y bioquímicas. Los resultados mostraron que el depósito está contaminado por Pb, Zn y Cu. El alto porcentaje de Pb y Zn extraído con EDTA sugiere un alto riesgo de la movilidad a través de su absorción por las plantas y los microorganismos. Debido a las altas concentraciones de Zn soluble, este metal podría ser movilizado por el agua de escorrentía o ser lixiviado. Todo esto, unido a los niveles tan bajos de materia orgánica y carbono de la biomasa microbiana, extrema acidez y elevada salinidad, dificulta el establecimiento de la vegetación, por lo que resulta necesario actuar para minimizar los riesgos ambientales. Así mismo, también es primordial mejorar la fertilidad, incrementar el pH y reducir la movilidad de los metales pesados, para lo cual se propone la aplicación de dos tipos de enmiendas (residuo de mármol y purín de cerdo), asociado al uso de la fitoestabilización.

Palabras clave: contaminación, metales pesados y depósitos mineros.

Abstract

The objective of this study is to propose a strategy to reclaim a mine tailing pond in terms of a risk assessment carried out after the characterization of the surface material. A tailing pond located in the Mining District of Cartagena-La Unión (SE Spain) was selected, where surface samples were collected to determine different physicochemical and biochemical properties. Results showed that the tailing pond is contaminated by Pb, Zn and Cu. The high quantity of DTPA-extracted Pb and Zn suggests a high risk of mobility by means of absorption by plants and microorganisms. Due to the high concentrations of soluble Zn, this metal may be mobilised by runoff or leaching. These aspects together with the extremely low values of organic matter and microbial biomass, extreme acidity and high salinity, hinder the establishment of a vegetation cover. These actions are needed to minimise the environmental risks bound to this tailing pond. It is essential to promote fertility, increase pH and reduce the mobility of heavy metals. For that we propose the application of two types of amendments (marble wastes and pig slurry), together with the use of phytostabilization.

Key Words: contamination, heavy metals and tailing ponds.

Introducción

Durante más de 2.500 años, la Sierra Minera de Cartagena-La Unión ha sufrido las consecuencias de fuertes explotaciones mineras, principalmente de Pb y Zn desde los tiempos de los Fenicios y Cartagineses hasta el año 1991 (Oen *et al.*, 1975). Para el vertido de los lodos de flotación, se construyeron grandes balsas o pantanos de retención, almacenamiento y deshidratación. En general, estos depósitos se caracterizan por estar localizados en vaguadas o zonas llanas, estar compuestos de material grueso, y poseer altas concentraciones de metales pesados y bajo pH. Son considerados más peligrosos que los residuos de material más fino debido a la delgada microcapa (hardpan) impermeable que forman, causando problemas de inestabilidad por la acumulación de agua en su

superficie, erosión hídrica, riesgos sísmicos, o situaciones climáticas adversas (Fundación Sierra Minera, 2001).

En este tipo de depósitos, los sulfuros se oxidan a sulfatos, generando pH extremadamente ácidos debido a la formación de ácido sulfúrico, y como consecuencia se potencia la solubilidad de los contaminantes (Förstner y Wittmann, 1981). Por lo tanto, las lluvias hacen que esta solución ácida se infiltre en el suelo y se agrava el problema de la contaminación. Estudios anteriores en la Sierra Minera de Cartagena-La Unión han revelado los riesgos ambientales que aún persisten, mayormente debido al bajo pH, alto contenido en metales, bajos niveles de materia orgánica y ausencia de vegetación (Conesa et al., 2006).

El objetivo de este estudio fue llevar a cabo una caracterización de las condiciones actuales de un depósito minero de la Sierra Minera de Cartagena, La Unión, para que una vez evaluados los riesgos pueda establecerse una estrategia de rehabilitación.

Materiales y Métodos

Se seleccionó un depósito de lodos de flotación de la mina Santa Antonieta, perteneciente al Distrito Minero de Cartagena, La Unión (SE España). El clima de la zona es semiárido Mediterráneo, con una temperatura media anual de 17,5° C, una evapotranspiración potencial alrededor de los 900 mm año⁻¹ y una precipitación media anual de 279 mm.

Para la toma de muestras, se realizó una malla simple de 100 m x 100 m con Sistema de Información Geográfica en el depósito de estudio. Se tomaron 11 muestras de superficie (0 – 15 cm), las cuales fueron secadas por siete días, pasadas por un tamiz de 2 mm y almacenadas en bolsas plásticas a temperatura ambiente para su posterior análisis. Las muestras fueron tomadas en octubre de 2010. Los parámetros analizados fueron: pH y conductividad eléctrica (CE), con una relación 1:1 y 1:5 respectivamente; capacidad de intercambio catiónico (CIC) mediante el método de Chapman (1965); carbono orgánico (Corg), nitrógeno total (Nt) y sulfuros totales (S) analizados con un Analizador

Elemental CNHS-O (EA-1108, Carlo Erba); textura mediante el método de la pipeta de Robinson; metales totales (Risser y Baker, 1990), extraídos con EDTA (Norvell, 1984) y solubles (Buurman *et al.*, 1996), medidos mediante espectrofotómetro de absorción atómica (AAAnalyst 800, Perkin Elmer); y carbono de la biomasa microbiana (Cbio) según el método de Vance *et al.* (1987).

Resultados y Discusión

Los materiales de la superficie del depósito fueron extremadamente ácidos (pH = 2,87) y salinos (CE = 3,99 dS m⁻¹). En función de la distribución granulométrica de las partículas, el material del depósito queda clasificado como franco arenoso en su gran mayoría. Las concentraciones medias totales de Pb y Zn fueron superiores a las legislaciones Europea y española, mientras que la concentración de Cu únicamente fue superior al límite impuesto por la legislación española (Cuadro 1). Las concentraciones de Zn en todas las muestras y de Pb en algunas muestras extraíble mediante EDTA fueron muy elevadas en comparación con los otros metales, lo que sugiere que estos metales pueden ser absorbidos por las plantas con el consiguiente riesgo para la cadena trófica. No obstante, tras el cálculo de los porcentajes de metales extraídos con EDTA y solubles con respecto a su concentración total, los porcentajes más altos se registraron para el Cd, con prácticamente el 40% del total móvil, indicando un gran riesgo de movilidad a pH ácido. Para el Zn, un 11% de la concentración total es biodisponible, mientras que un 7% de la concentración total es soluble. Como consecuencia, la inmovilización de estos metales debe ser una prioridad en las acciones de rehabilitación. El Pb y el Cu mostraron muy poca solubilidad, con un porcentaje de fracción soluble < 1%.

Cuadro 1. Propiedades físicas, químicas y bioquímicas del material de superficie del depósito minero (n=11)

	Media	Desviación Estándar	Rango
pH	2,87	0,52	2,13-3,72
CE (dS m ⁻¹)	3,99	1,56	2,67 – 7,94
Corg (g kg ⁻¹)	1,40	0,57	0,87-2,50
Nt (g kg ⁻¹)	0,35	0,09	0,21-0,51
Sulfuro (g kg ⁻¹)	19,5	2,7	13,7-22,7
CIC (cmol ₊ kg ⁻¹)	5,79	2,50	1,87-8,42
Arena (%)	73	17	41-90
Limo (%)	18	15	4-48
Arcilla (%)	8	4	1-14
Cbio (mg kg ⁻¹)	47,15	41,08	3,69-143,91
Concentración soluble (mg kg ⁻¹)			
Cd	0,31	0,56	0,01-1,86
Cu	0,96	0,88	0,09-2,95
Pb	1,68	2,03	0,12-5,33
Zn	78,93	55,16	16,82-190,42
Concentración extraíble con EDTA (mg kg ⁻¹)			
Cd	0,33	0,52	0,01-1,87
Cu	1,79	0,62	0,98-2,94
Pb	52,54	115,64	1,55-382,62
Zn	122,12	123,38	26,38-407,05
Concentración total (mg kg ⁻¹)			
Cd	0,91	0,86	0,27-3,34
Cu	70	28	41-125
Pb	1.505	907	764-4.107
Zn	1.176	352	595-1686
Concentraciones totales máximas permitidas en suelos (mg kg ⁻¹)			
	Unión Europea ¹	España ²	
Cd	3	1-3	
Cu	140	50-210	
Pb	300	50-300	
Zn	300	150-450	

¹ Council Directive 86/278/EEC

² Real Decreto 1310/1990, suelos agrícolas pH<7 and pH>7.

Los valores de CO y Nt fueron muy bajos, así como la CIC, indicando muy baja fertilidad. La extrema acidez, la salinidad, el contenido en metales pesados y la ausencia de materia orgánica dificultan el establecimiento de la vegetación, de manera que la superficie del depósito permanece desnuda, con altos riesgos de contaminación de suelos y aguas por transferencia de metales pesados como consecuencia de la erosión hídrica y eólica, o por lixiviación. El contenido de Cbio es también muy bajo, como consecuencia del también bajo contenido de materia orgánica. Por tanto, las poblaciones microbianas deben ser fundamentalmente quimiolitotrofas, en su mayor parte bacterias oxidantes del sulfuro, ya que el contenido de sulfuros en este depósito es bastante elevado (19,5 g kg⁻¹), dando como resultado de su metabolismo ácido sulfúrico y sulfatos metálicos, altamente móviles (Schippers et al., 2010). Debido a la presencia de unas condiciones desfavorables para el establecimiento de la vegetación, es necesario llevar a cabo una actuación de rehabilitación en este depósito, con el objetivo de inmovilizar los metales, crear suelo, incrementar la fertilidad del suelo y favorecer el desarrollo de comunidades microbianas y vegetales.

Para ello proponemos la aplicación de dos tipos de enmiendas (residuo de mármol y purín de cerdo), asociado al uso de la fitoestabilización. El residuo del mármol es carbonato cálcico prácticamente puro, que va a contribuir a neutralizar la acidez e inmovilizar los metales pesados, mejorando a su vez

la estructura del suelo. El purín de cerdo actúa como fuente de materia orgánica y nutrientes. Con la aplicación de este subproducto conseguiremos crear un suelo estructurado, enriquecerlo en nutrientes y favorecer el desarrollo de comunidades microbianas y vegetales. Además, la propia vegetación puede contribuir al proceso de inmovilización de metales, técnica conocida como fitoestabilización, mediante la acumulación de metales en las raíces o precipitación en el suelo próximo a las raíces. Las plantas además retienen el suelo evitando la erosión y el transporte del material contaminado.

Conclusiones

El depósito minero estudiado presenta altas concentraciones de metales pesados, fundamentalmente Pb y Zn. El alto porcentaje de Pb y Zn extraído con EDTA sugiere un alto riesgo de la movilidad a través de su absorción por las plantas y los microorganismos. Además, presenta elevada acidez, salinidad y muy bajos contenidos en materia orgánica y carbono de biomasa microbiana. Como consecuencia, es necesario desarrollar estrategias de rehabilitación para minimizar los riesgos ambientales asociados a la transferencia de contaminantes. Para ello se propone la aplicación de dos tipos de enmiendas (residuo de mármol y purín de cerdo), asociado al uso de la fitoestabilización.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto LIFE+ MIPOLARE (LIFE09 ENV/ES/000439), de la Unión Europea. R. Zornoza agradece al Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España un contrato Juan de la Cierva.

Literatura Citada

- Buurman, P., B. van Lagen, y E.J. Veltorst. 1996. Manual for Soil and Water Analysis. Backhuys publishers, Technical report, Leiden, Netherlands.
- Chapman, H.D. 1965. Cation Exchange Capacity. En C. A. Black (ed). Methods of Soil Analysis. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, pp. 891-900.
- Conesa, H., A. Faz, y R. Arnaldos. 2006. Heavy metal accumulation and tolerance in plants from mine tailings of the semiarid Cartagena – La Unión mining district (SE Spain). *Sci. Total Environ.* 366: 1-11.
- Council Directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture.
- Förstner, U. y G. T. W. Wittmann. 1981. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag. Berlin.
- Fundación Sierra Minera. 2001. Medio Ambiente y empleo en la Sierra Minera de Cartagena-La Unión. Fundación Sierra Minera. Murcia.
- Norvell, W.A. 1984. Comparison of chelating agents as extractants for metals in diverse soil materials. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:1285-1292.
- Oen, I.S., J.C. Fernández, y J.I. Manteca. 1975. The lead-zinc and associated ores of La Unión-Sierra de Cartagena, Spain. *Econ. Geol.* 70:1259-1278.
- Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se Regula la Utilización de los Lodos de Depuración en el Sector Agrario.
- Risser, J.A. y D.E. Baker. 1990. Testing soils for toxic metals. En R. L. Westerman (ed) Soil Testing and plant analysis. Soil Science Society of America Special Publication 3. Madison, Wisconsin, pp. 275-298.
- Schippers, A., A. Breuker, A. Blazejak, K. Bosecker, D. Kock, y T.L. Wright. 2010. The biogeochemistry and microbiology of sulfidic mine waste and bioleaching dumps and heaps, and novel Fe(II)-oxidizing bacteria. *Hydrometallurgy* 104:342-350.
- Vance, E.D., P.C. Brookes, y D.S. Jenkinson. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biol. Biochem.* 19:703-707.

MEJORADORES DE SUELO Y SU EFECTO EN LA GERMINACIÓN DEL SORGO EN SUELOS SALINOS

Elizabeth del Carmen Andrade Limas¹, Martín Espinosa Ramírez², Flor Elena Ortiz Chairez²
Eloy Vargas Valero², Noé Montes García²
Facultad de Ingeniería y Ciencias, UAT, Cd. Victoria, Tamaulipas¹
Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, Río Bravo, Tamaulipas².
espinosa.martin@inifap.gob.mx

Resumen

Con el objetivo de evaluar tres mejoradores del suelo y su efecto en la germinación de la semilla de sorgo, se realizó el presente experimento. Se evaluaron tres condiciones de salinidad con tres mejoradores del suelo y el testigo. El suelo se colocó en macetas de 20 kg con tres repeticiones y se aplicó el equivalente a 3 t ha⁻¹ de los mejoradores y se dejó actuar durante dos meses a la intemperie. Al suelo de cada maceta se tomaron datos de conductividad eléctrica (CE) al inicio y al final de la evaluación. La alta salinidad del suelo (8 dS m⁻¹) fue muy significativa entre tratamientos ($p < 0.001$). El tratamiento de materia orgánica obtuvo 122 % menos conductividad eléctrica (1.5 dS m⁻¹) que el testigo. En el porcentaje de germinación de las semillas de sorgo, presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los mejoradores y el testigo, siendo 45 % más en las macetas tratadas con mejoradores, resaltando la materia orgánica con el mayor porcentaje (95 %), la zeolita (86%) y el sulfato de calcio con (83%). El uso de mejoradores es una práctica reduce la conductividad eléctrica e incrementa la germinación del sorgo en suelos con problemas de salinidad al corto plazo.

Palabras clave: Yeso, salinidad, materia orgánica, suelo

Abstract

In order to assess three soil improvers and their effect on the germination of sorghum seed, we performed this experiment. Three conditions were evaluated with three upgraded salinity of soil and the control. The soil was placed in pots of 20 kg with three replicates and applied the equivalent of 3 t ha⁻¹ for breeders. At each pot soil data were taken from electrical conductivity (EC) at the beginning and end of the evaluation. For soil with high salinity (8 dS m⁻¹) was highly significant between treatments ($p < 0.001$). The treatment of organic matter was 122% less electrical conductivity (1.5 dS m⁻¹) than the control. The percentage of germination of seeds of sorghum, significant difference ($p < 0.05$) between breeders and the control, being 45% in pots treated with breeders, highlighting organic matter with the highest percentage (95%) zeolite (86%) and calcium sulfate (83%). The use of breeders is a practice reduces the electrical conductivity and increases the germination of sorghum in soils with salinity problems in the short term.

Key Words: Plaster, salinity, chicken manure, soil.

Introducción

Los efectos de las sales en el suelo son muy variados, aunque generalmente inciden sobre el suministro de agua para las plantas, reduciendo generalmente su absorción por la alta presión osmótica que se genera en los suelos con alta concentración de sales solubles, e indirectamente cuando el ión sodio produce deterioro físico del suelo, causando disminución en la penetración y almacenamiento de agua en el mismo. En ocasiones, las sales provocan desbalances en la nutrición vegetal, tales como la poca absorción de potasio por exceso de calcio y reducción de la nitrificación en el suelo. También puede producir efectos tóxicos directos por acumulación excesiva de ciertos iones en la planta, como cloruros, sodio y boro (Crescimanno *et al.*, 1995).

La recuperación de suelos afectados por sales generalmente resulta antieconómica (Feucher, 2002), pero cuando se procede a ello, se aplican prácticas integrales: empleo de enmiendas orgánicas e inorgánicas en suelos salino-sódicos y sódicos; lavados para remover sales solubles de la zona radical de los cultivos en los suelos salinos, después de cumplido el proceso de incubación cuando se aplican enmiendas en los salino-sódicos y sódicos; uso de cultivos tolerantes a altas concentraciones salinas y/o de sodio ya la inundación prolongada; asegurar un adecuado drenaje superficial e interno al suelo etc. (Russo, 1985).

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Los mejoradores químicos más comúnmente utilizados en los suelos afectados por sodio, son el yeso, materia orgánica y el azufre, por ser los de menor costo (Aceves, 1976; Castellanos, 1985.). El yeso, aunque de acción más rápida que el azufre en el suelo, se aplica en volúmenes equivalentes de requerimientos de cinco a seis veces mayor que el segundo; es de mayor precio y no se produce en cantidades importantes en el país, a pesar de existir ricas fuentes naturales. Además, el yeso generalmente se utiliza en suelos carentes de carbonato de calcio (CaCO_3) y carbonato de magnesio (MgCO_3) precipitados en el suelo. Los suelos afectados por sodio presentan generalmente CaCO_3 y MgCO_3 precipitados (Aceves, 1976, PIFSV, 1988). Para esta última situación lo más recomendable es la aplicación de una enmienda acidificante como el azufre o la gallinaza.

En referencia a la región Norte de Tamaulipas, uno de los problemas es la alta salinidad de los suelos que afecta su productividad. El exceso de sales se considera una de las causas de la degradación del suelo y afecta la disponibilidad de nutrimentos que se refleja en bajos rendimientos de los cultivos. El área de temporal en Tamaulipas comprende una superficie aproximada de 600,000 ha y alrededor del 10% están afectadas por algunos grados de salinidad estimándose un incremento del 2% anual (PIFSV, 1988, CONAGUA, 2006 y Silva, *et al.*, 2007) (Figura 1).



Figura 1. Suelos con problemas de salinidad.

El drenaje deficiente, el desconocimiento y la falta de tecnologías, para prevenir o corregir, contribuyen a esta problemática. Con el objetivo de evaluar tres mejoradores del suelo y su efecto en la germinación de la semilla de sorgo, se realizó el presente experimento en las instalaciones del Campo Experimental en Río Bravo, Tamaulipas.

Materiales y Métodos

En el mes de noviembre del 2010, se colectaron muestras de suelo del área de temporal de San Fernando, Tam., de textura arcillosa (arcilla 65.4 %, limo 18.9 % y arena 15.7 %), pH ligeramente alcalino (7.8), pobre en materia orgánica (menor de 1.54 %), con tres condiciones de salinidad (alta=8 dS m^{-1} , media=5 dS m^{-1} y baja=3 dS m^{-1}) y evaluaron tres mejoradores: gallinaza (MO), sulfato de calcio (Yeso), zeolita y el testigo. El suelo se colocó en macetas de 20 kg con tres repeticiones y se aplicó el equivalente a 3 t ha^{-1} de los mejoradores y se dejó actuar durante dos meses a la intemperie. Al suelo de cada maceta se tomaron datos de conductividad eléctrica (CE) al inicio y al final de la evaluación. El 23 de enero del 2011, fueron sembraron en las macetas 20 semillas de sorgo, después de quince días se tomaron datos de emergencia y se estimó el porcentaje de germinación (PG) y a los 45 días se tomaron datos de humedad del suelo, altura de planta, materia seca y contenido de clorofila. Se efectuó un análisis de la varianza con un modelo completamente al azar con arreglo factorial de 3x4 (salinidad y mejoradores del suelo) con pruebas de media de Tukey=0.05 para los doce tratamientos, los cuales son presentados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Combinación de grados de salinidad y mejoradores del suelo que conforman los tratamientos.

Salinidad	Mejorador	Tratamiento
Alta (8 dS m ⁻¹)	MO	T1
	Yeso	T2
	Zeolita	T3
	Testigo	T4
Media (5 dS m ⁻¹)	MO	T5
	Yeso	T6
	Zeolita	T7
	Testigo	T8
Baja (3 dS m ⁻¹)	MO	T9
	Yeso	T10
	Zeolita	T11
	Testigo	T12

Resultado y Discusión

Al evaluar la CE y PG, para los niveles de salinidad media y baja no existió diferencia significativa entre tratamientos. Para el suelo con alta salinidad (8 dS m⁻¹) fue muy significativa entre tratamientos ($p < 0.001$).

El tratamiento de materia orgánica obtuvo 122 % menos CE (1.5 dS m⁻¹) que el testigo (Tabla 2). No existió diferencia significativa entre los tratamientos sulfato de calcio y zeolita, pero si entre estos dos y el testigo, el cual presentó 49 % más CE (2.5 dS m⁻¹).

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos en un suelo con alta conductividad eléctrica (CE)

Mejorador	CE (dS m ⁻¹)			Promedio
	R ₁	R ₂	R ₃	
M. O.	1.2	1.4	1	1.15
Yeso	1.4	1.7	2	1.68
Zeolita	1.3	1.4	1.1	1.25
Testigo	2.3	2.6	2.8	2.57

Al evaluar el PG de las semillas de sorgo, existió diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los mejoradores y el testigo, siendo 45 % más en las macetas tratadas con mejoradores (Tabla 3), resaltando la materia orgánica con el mayor porcentaje (95 %), la zeolita (86%) y el sulfato de calcio con (83%).

Cuadro 3. Porcentaje de germinación en un suelo con alta conductividad eléctrica (CE)

Mejorador	% de germinación			Promedio
	R ₁	R ₂	R ₃	
M. O.	32	29	37	32.67
Yeso	32	37	56	41.67
Zeolita	18	21	31	23.33
Testigo	13	12	11	12.0

Referente a la humedad del suelo existió diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$). A los 45 días, los tratamientos con MO y yeso presentaron 200% más humedad que el testigo (Tabla 4), y el tratamiento con zeolita fue 100% superior.

Tal comportamiento se debe a la modificación de propiedades físicas del suelo como densidad aparente, porosidad y agregación lo que en gran medida contribuye a la retención de humedad.

Cuadro 4. Retención de humedad por los tratamientos a los 45 días de establecidos

Mejorador	Humedad (%)			Promedio
	R ₁	R ₂	R ₃	
MO	32.7	27.1	24.6	31.36
Yeso	38.3	27.1	31.4	38.98
Zeolita	23.3	15.3	17.8	26.27
Testigo	12.3	11.0	10.2	10.17

También se evaluaron variables como altura de planta (AP), longitud de raíz (LR), contenido de clorofila (CC) y masa seca total (MST). En los Cuadros 5 y 6 son presentados los valores promedio entre tratamientos, en las cuales podemos observar que, por lo general los testigos (T4, T8 y T12) obtuvieron los menores resultados promedio, y los tratamientos con materia orgánica (T1, T5 y T9) obtuvieron la mayor altura.

Cuadro 5. Comparación de medias entre tratamientos para altura de planta (AP) y longitud de la raíz (LR).

Tratamiento	Altura de Planta (cm)	Longitud de Raíz (cm)
T1	12.30 ab	3.63 abc
T2	9.80 ab	3.29 bc
T3	9.90 a	4.15 abc
T4	6.50 c	1.71 d
T5	10.17 ab	4.11 abc
T6	9.63 b	4.75 ab
T7	9.51 b	3.72 abc
T8	8.94 bc	3.23 c
T9	12.24 a	5.08 a
T10	10.06 ab	4.75 abc
T11	9.47 b	3.61 abc
T12	7.73 bc	3.21 c

Tratamiento con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey $p < 0.05$)

En el Cuadro 6 son presentados los resultados promedio de contenido de clorofila (CC) y masa seca total (MST), los cuales indican similar comportamiento de los testigos presentando los menores resultados promedio para masa seca total y menor contenido de clorofila, resaltando los tratamientos con materia orgánica y zeolita con los mayores valores promedio.

Cuadro 6. Comparación de medias entre tratamientos para contenido de clorofila (CC) y masa seca total (MST).

Tratamiento	Contenido de Clorofila	Materia Seca Total (g)
T1	31.54 abc	18.30 ab
T2	34.76 a	12.60 abcd
T3	32.51 ab	16.10 abc
T4	26.96 cde	1.56 e
T5	29.01 cde	19.60 a
T6	27.78 cd	8.40 cde
T7	27.19 cde	8.05 de
T8	22.58 e	9.34 cde
T9	27.97 bcd	12.40 abcd
T10	24.34 de	11.60 cde
T11	27.22 cde	12.50 abcd
T12	25.33 de	4.99 de

Tratamiento con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey $p < 0.05$)

Conclusión

El uso de mejoradores es una práctica que reduce la CE, incrementa la germinación del sorgo en suelos con problemas de salinidad y su efecto se observa más en sitios con CE superiores a los 5 dS m⁻¹, y es una estrategia de manejo cuyos resultados se pueden observar a corto plazo.

Literatura Citada

- Aceves, L.A. 1976. Los terrenos ensalitrados y los métodos para su recuperación. Ediciones PATENA. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 256pp.
- Castellanos R., J.Z. 1985. El medio ambiente físico del suelo y su modificación mediante la aplicación de materia orgánica. Temas didácticos. Publicación 2. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Delegación Laguna. Matamoros, Coahuila, México.
- CONAGUA. 2006. Informe Técnico Final del Proyecto Manejo de Agua y Preservación de Suelos en el DTT 010 San Fernando, Tamaulipas. 60 pp.
- Crescimanno, G., M. Iovino y G. Provenzano. 1995. Influence of salinity on soil structural and hydraulic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59: 1701-1708.
- Feuchter, A. F. 2002. Recuperación de suelos salinos agrícolas, mediante el establecimiento de praderas bajo riego y cultivos alternativos" Diez acciones propuestas de bioingeniería sostenible. <http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/recuperacion/recuperacion02>.
- PIFSV (Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal). 1988. Conservación de Suelos en el Norte de Tamaulipas. Delegación SARH Tamaulipas Norte. 73 p.
- Russo, D. 1985. Leaching and water requirement studies in a gypsiferous desert soil. *J. Soil Sci.* 49: 432-436.
- Serrato, S.R., A Ortiz A., J. Dimas L., y S. Berúmen P. 2000. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos Salinos en la comarca lagunera, México. *Terra* 20: 329-336.
- Tejedor, M., C. C. Jiménez, and F. Díaz. 2002. Soil moisture regimen by salinization Proc. XII Congress Latin-American de changes in tephra-mulched soils: Implications for Soil Taxonomy. September. 1994. Salamanca, Spain. 1439-Soil Sci. Soc. Am. J. 66:202-206.
- Silva, S. M. M., G. Medina G., J. A. Ruiz C., V Serrano A., G. Díaz P., M.A. Cano G. 2007. Estadísticas Climatológicas Básicas del Estado de Tamaulipas (Periodo 1961-2003). INIFAP-SAGARPA. Libro Técnico No.2. 315 p.

APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS COMPOSTEADOS EN SUELOS SALINOS-SÓDICOS

Pérez Buceta Zenyase R.¹, Ramírez Fuentes Eustacio¹, Trujillo Tapia Nieves¹, Estrada Vázquez Carlos¹

Universidad del Mar¹, Campus Puerto Ángel, Oaxaca. Carretera Zipolite, km 1.5, Cd. Universitaria, Puerto Ángel, Municipio San Pedro Pochutla, C.P. 70902. zenyase_perez_buceta@hotmail.com

Resumen

Los suelos salinos-sódicos son aquellos suelos que poseen más sales solubles, que el yeso y el sodio intercambiable, cuando se presentan dichas características en el suelo puede propiciar inhibición en el crecimiento de las plantas, alteración en metabolismo primario-secundario o incluso la muerte de las plantas. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar por bioensayos la aplicación de biosólidos y los efectos de estrés salino en *O. basilicum* (albahaca) e *Hibiscus sabdariffa* (Jamaica). La metodología consta de tres etapas: 1) el monitoreo de un reactor biológico de lodos activados y la caracterización de agua residual tratada; 2) La caracterización de biosólidos y el composteo de los mismos; y 3) la realización de bioensayos estáticos. Dentro de los resultados se encuentra que el agua residual tratada cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997, por otra parte se obtuvo un biosólido que cumple con la NOM-004-ECOL-2002 y con los requerimientos nutricionales de las plantas de estudio, de manera general se concluye que *O. basilicum* e *H. sabdariffa* son especies no tolerantes a los suelos de la Barra de Colotepec Oaxaca, sin embargo al aplicar una dosis de 400 kg N*ha⁻¹ de biosólidos composteados proporciona las condiciones para el establecimiento de las dos especies de plantas.

Palabras clave: Biosólidos, *Hibiscus sabdariffa* y *Ocinum basilicum*

Abstract

Sodium-saline soils are those have high soluble salts concentration than gypsum and interchangeable sodium. When soil present these characteristics may be plant growth inhibition, primary-secondary metabolism disturbs or plant death inclusive. Then, the aim of this work was to evaluate biosolids application and saline stress effects in *O. basilicum* (albahaca) and *Hibiscus sabdariffa* (Jamaica) by bioassays. Methodology was divided in three stages: 1) operation and monitoring of sequential batch reactor activated sludge and treated wastewater characterization; 2) biosolids characterization and their composting and 3) to carry out static bioassays. Results obtained shows: treated wastewater has parameters accord with NOM-003-SEMARNAT-1997; biosolids characteristics stay in accordance with NOM-004-ECOL-2002 and have nutrition requirements by plant studied. It conclude that *O. basilicum* and *H. sabdariffa* are no tolerant species to soils of Barra de Colotepec, Oaxaca; however, with a 400 kg N*ha⁻¹ dosage application of composted biosolids supported both plant species establishment.

Key Words: Biosolids, *Hibiscus sabdariffa* and *Ocinum basilicum*.

Introducción

Es fuerte la presión ambiental que se ejerce sobre los suelos, Szabolcs (1986) hace un balance general determinando que existe 324'921,000 ha de suelos salinos y 558'697,000 ha de suelos salinos-sódicos en el mundo, un suelo salino-sódico tiene una conductividad eléctrica mayor a 4 dS/m, pH aproximado de 8.5 y el porcentaje de sodio intercambiable es mayor al 15%. Algunas especies de vegetales y granos, reportan sensibilidad en condiciones de estrés salino en las etapas de germinación y crecimiento temprano, sin embargo algunas especies de plantas muestran una mayor tolerancia a condiciones de salinidad en estados avanzados de crecimiento, llegando a ser clasificadas como moderadamente y altamente tolerantes a condiciones de estrés salino, en el caso de *Ocinum basilicum* (albahaca) se tiene reportado como una especie moderadamente tolerante a condiciones de salinidad, y se ha determinado que sintetiza compuestos orgánicos para contrarrestar los efectos de la salinidad tales como carotenoides y aceites esenciales (Miceli *et al.* 2003, Ramin 2005 y Berstein *et al.* 2010). *Hibiscus sabdariffa* acumula diversas sustancias osmoprotectoras, bajo condiciones de salinidad como prolina, azúcares, antocianinas y benziladenina (Arafat *et al.* 2009). Una opción factible para los

suelos que presentan problemas de degradación es la aplicación de lodos residuales de las plantas de tratamiento ya que favorece las propiedades físicas y químicas del suelo lo cual se ve reflejado en cambios en las poblaciones microbianas y por lo tanto aumenta la productividad agrícola (Uribe *et al.* 2002; y Rojas-Oropeza *et al.* 2010).

En la actualidad se ejerce una mayor presión de los recursos y es que en la Región Hidrológica-Administrativa V Pacífico Sur, organismo de cuenca con sede en Oaxaca, Oaxaca, se utilizan 1000 hm³/año es decir un 74% del agua se utiliza para la producción agrícola (INEGI 2009). Se puede analizar que es un porcentaje elevado, por lo tanto existe la necesidad de darle un reuso más eficiente al agua residual tratada y es factible su utilización para el riego de cultivos agrícolas, con la premisa de cumplir con la normatividad mexicana. Como objetivo general se propuso evaluar por bioensayos la aplicación de biosólidos y los efectos de estrés salino en *O. basilicum* e *H. sabdariffa*.

Material y métodos

La metodología experimental desarrollada a lo largo del estudio consta de tres fases: la fase uno abarca el monitoreo de un reactor biológico de lodos activados y la caracterización de agua residual tratada. La segunda fase involucra la caracterización de biosólidos y el composteo de los mismos; la fase tres comprende la realización de bioensayos con dos especies de plantas *Ocimum basilicum* (albahaca) e *Hibiscus sabdariffa* (Jamaica), la duración de los bioensayos y monitoreo de las variables determinadas será de 3 meses para el caso de *O. basilicum* y seis meses para *H. sabdariffa*. El diseño experimental utilizado es un diseño factorial 2³ (cuadro 1), se utilizará un análisis de varianza y se establecerá si existe diferencia significativa en los tratamientos. Posteriormente se realizará una prueba de comparación de medidas múltiple de Tukey ($\alpha = 0.005$) y un análisis de correlación entre variables en aquellos en la que resultarán estadísticamente significativas utilizando el programa NCSS 2007.

Cuadro 1. Diseño experimental, los tratamientos se realizarán por duplicado.

Factores	Niveles
Agua	(-) Agua de pozo agrícola. (+) Agua residual tratada.
Mejoradores	(-) 0 kg N/ha (+) *400 kg N/ha
Tipo de Planta	(-) <i>Ocimum basilicum</i> (+) <i>Hibiscus sabdariffa</i> L.

NOTA. *Tasa agronómica (ILSA 2011).

Se utilizó el suelo de la Barra de Colotepec Oaxaca, con textura franco-limoso, conductividad eléctrica de 13.6-18 dS/m, pH de 6.74 y porcentaje de sodio intercambiable del 46 %, (Hernández, 2011). Las muestras se obtuvo a partir de siete muestreos, compuestos de 15 submuestras, del estrato 0-20 cm. Posteriormente fueron secados a intemperie y almacenados para su posterior uso. Para la obtención del agua residual tratada se utilizó un reactor de lodos activados, operado como reactor de lote secuencial (SBR, por sus siglas en inglés). Los parámetros fisicoquímicos, determinación de coliformes fecales y caracterización de agua residual tratada se realizaron conforme a APHA (1998). La caracterización de biosólidos y composta se realizó en base a las técnicas propuestas por APHA (1998), USDA (2008), NOM-021-RECNAT-2000 y NOM-004-ECOL -2002. Para el caso de huevos de helminto se realizó mediante la técnica del método acoplado. La germinación de las plantas se realizó en bandejas de plástico y se transplantaron a los 30 días de crecimiento en el caso de albahaca y 15 días para el caso de jamaica. El experimento se desarrolló en macetas de 10 kg, en cada una se depositaron tres plántulas, se realizó medición de variables como, altura de la planta, número de hojas, diámetro de tallo, clorofila *a* y *b* (Jeffrey y Humphrey, 1975) para ambas plantas. En el caso de *Ocimum basilicum* se determinará contenido de aceites esenciales (método de hidrodestilación) y para *Hibiscus sabdariffa* se determinará la concentración de antocianinas (García *et al.* 2002) y prolina (Bates *et al.* 1973). Los biosólidos fueron composteados por 35 días en una relación 1:1 (biosólido:hojarasca), fueron aireados manualmente y se monitoreo la humedad a lo largo del proceso; la dosis de biosólidos composteados se calculó en base al contenido de N total de biosólidos, contenido de N de hojarasca y en base a los

requerimientos de N de las plantas, por cada unidad experimental se aplicó 3 kg de biosólidos composteados. Para determinar la madurez se fijó como indicador la relación C/N.

Resultados y Discusión

El monitoreo del reactor biológico de lodos activados operando como lote secuencial tuvo los siguientes resultados promedio: DQO_{influyente}= 235 mg/L, DQO_{efluente}= 105 mg /L, eficiencia de remoción de materia orgánica, expresada como DQO (\square_{DQO})= 57%. De manera general se concluye que el agua residual tratada se puede utilizar para servicio al público con contacto directo, por lo tanto cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

En la fase 2 se realizó la caracterización de los lodos: se determinó Cd, Cr, Pb, coliformes fecales y determinación de huevos de helminto, en todos los casos se encontraron por debajo de los valores reportados en la NOM-004-ECOL-2002; para el caso de nutrientes se determinó 48% de materia orgánica, 27.9% de carbón orgánico y 0.29 % de Nitrógeno total. Posteriormente al ser composteados los biosólidos se obtuvieron los siguientes valores (cuadro 2).

Cuadro 2. Caracterización de biosólidos composteados.

Parámetro*	Total
pH	6.6
Conductividad eléctrica (dS/m)	0.012
Carbón orgánico (%)	13.7
Materia Orgánica (%)	23.6
Nitrógeno Total (%)	0.43
C/N	31.8
Coliformes fecales (NMP CF/g)	0.93
Huevo de helminto/g en base seca	0

NOTA. *Valores nutrimentales y microbiológicos de biosólidos composteados.

En la fase 3 se puede observar que el desarrollo fue restringido para *O. basilicum* e *H. sabdariffa* por las condiciones de salinidad-sodicidad, el porcentaje de sobrevivencia para los tratamientos sin aplicación de biosólidos fue de 0 % a los 5 días, mientras que para los tratamientos con biosólidos fue del 100% de sobrevivencia. Los resultados que se obtuvieron para *H. sabdariffa* al evaluar el diámetro de tallo principal, altura de planta y número de hojas a los 30 días, fue mayor en un 43 %, 22 % y 57 % respecto a los valores obtenidos inicialmente (Cuadro 3), *O. basilicum* tuvo un comportamiento similar ya que altura de planta y número de hojas se incrementó en un 14% y 9% respecto a los valores iniciales.

Los resultados presentados para *H. sabdariffa* (Fig. 1A y 1B) demostraron que existe una disminución en la concentración de clorofila *a* y *b*, ya que posiblemente hubo interferencias con la concentración de antocianinas, mientras que para *O. basilicum* (Fig. 1C y 1D) los valores de clorofila *a* y *b* fueron mayores respecto a los iniciales, debido a que la planta tiene una mayor superficie fotosintética.

De manera general, en esta investigación se puede observar la respuesta positiva del crecimiento vegetativo de las plantas posterior a la aplicación de los biosólidos (Cuadro 3). Al haberse incrementado los contenidos de materia orgánica, aumenta la formación de agregados que a su vez favorece la aireación y absorción del agua y la capacidad de intercambio catiónico, por otra parte se incrementan los contenidos de macronutrientes y micronutrientes esenciales en forma asimilable para las plantas.

Cuadro 3. Comparación de las variables morfométricas en los diferentes tratamientos en *O. basilicum* e *H. sabdariffa*.

Parámetro	<i>Hibiscus sabdariffa</i>				<i>Ocinum basilicum</i>			
	SSS+B+AP		SSS+B+ART		SSS+B+AP		SSS+B+ART	
	Inicial	30 días	Inicial	30 días	Inicial	30 días	Inicial	30 días
Diámetro de tallo	0.1	0.4	0.1	0.7	0.1	0.3	0.1	0.3
Altura de tallo principal	9.9	23.8	8.8	30.7	1.3	11.9	1.3	13.9
Número de hojas	3	10	3	24	5	31	5	34

NOTAS. SSS+B+AP (Suelo salino-sódico+biosólido+agua de pozo), SSS+B+ART (Suelo salino-sódico+biosólido+agua residual tratada), valores determinados en cm, al inicio y a los 30 días.

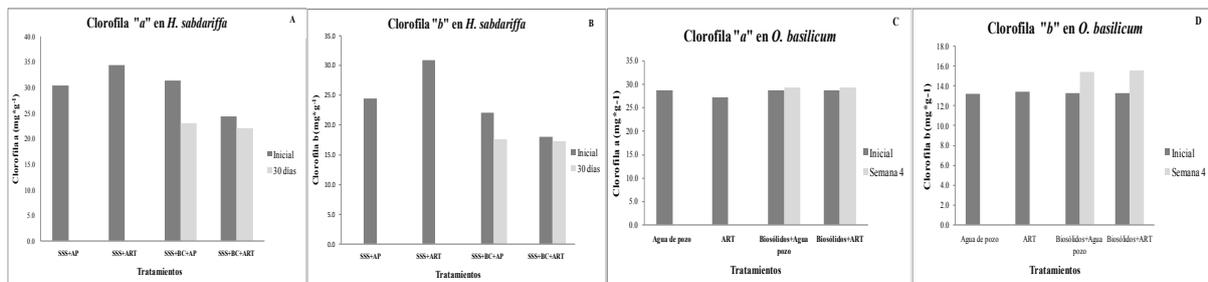


Figura 1 Concentración de clorofila a y b en *H. sabdariffa* (A) y (B), concentración de clorofila a y b en *O. basilicum* (C) y (D).

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en este trabajo, es posible concluir que *Ocinum basilicum* e *Hibiscus sabdariffa* son especies no tolerantes a las condiciones de salinidad de los suelos de la Barra de Colotepec Oaxaca, sin embargo al aplicarse la dosis de biosólidos composteados se proporcionó el establecimiento de las dos especies de plantas, actuando positivamente sobre las variables altura de tallo, diámetro de tallo y número de hojas. Por otra parte los tratamientos que se aplicó agua residual tratada más biosólidos composteados permitió una mayor biomasa respecto a los otros tratamientos por lo cual se puede concluir la factibilidad de agua residual tratada para actividades agrícolas, ya que cumple con la NOM-003-SEMARNAT-1997.

Literatura citada

- Arafat A. Abdel latef, Mohamed A.K. Shaddad, Shmed M. Ismail and Mona F. Abu Alhmad. 2009. Benzyladenine Can Alleviate Saline injury of Two Roselle (*Hibiscus sabdariffa*) Cultivars via Equilibration of Cytosolutes Including Anthocyanins. *International Journal Of Agriculture & Biology* 11:151-157
- Berstein N., Kravchik M., Dudai N. 2010. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocinum basilicum*) in relation to alterations of morphological development. *Annals of Applied Biology* 156:167-177
- García I., Moreno-Alvarez M. J., Hidalgo-Baez D. 2002. Composición química de la vid Palieri. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 19:332-337
- Hernández Viruel R.A. 2011. Lavado de sales en suelos agrícolas de La Barra de Colotepec Oaxaca, con agua residual municipal tratada. Tesis para obtener el grado de maestría en Ciencias Ambientales. Universidad del Mar, México.
- ILSA Agrotecnología <http://www.ilsagroup.com> (Acceso en Mayo de 2010).

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

- Información y Servicios del United States Department of Agriculture (USDA) <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome> (Acceso en Mayo de 2010).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2009. Estadística a propósito del día mundial del agua, datos nacionales.
- Jeffrey, S. W. Y Humphrey G. F. 1975. New spectrophotometric equations go determining chlorophylls a, b and c in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochemistry Physiology. Pflazen* 167:191-194
- Miceli, A, Moncada, A. y D'Anna, F. 2003. Effect of water salinity on seeds-germination of *Ocimum basilicum L.*, *Eruca Sativa L.* and *Petroselinum Hortense Hoffm* *Acta de Horticultura (International society for horticultural science* 609:365-370
- Ramin A. 2005. Effects of salinity and temperature on germination and seedling establishment of sweet basil (*Ocimum basilicum L.*). *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 11: 81–90
- Szabolcs, I. 1986. Agronomical and Ecological Impact of Irrigation on Soil and Water Salinity. *Advanced Soil Science* 4:189-218
- Uribe H. Montes; Orozco Hernández G, Chávez S. N., Espino V. S. 2002. Factibilidad económica del uso de biosólidos en el cultivo de maíz forrajero. Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Cancún México.

VALIDACIÓN DE INOCULANTES BACTERIANOS Y MICORRÍZICOS EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE *Pinus patula*

Portillo-Manzano Elizabeth¹, López-Reyes Lucía¹, Tapia-Hernández Armando, Jiménez-Salgado Teresita¹, Pérez-Moreno Jesús², Martínez-Reyes Magdalena² y Carcaño-Montiel Moisés Graciano¹

¹Laboratorio de Microbiología de Suelos. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

²Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo Edo. de México.

E-mail: mgcarca@yahoo.com.mx

Resumen

El alto porcentaje de mortalidad que se presenta en plántulas de pinos que son trasplantados de vivero a campo, es debido a su deficiente adaptación al ambiente, lo cual podría disminuir con la aplicación de bacterias benéficas y hongos ectomicorrízicos, los cuales forman simbiosis obligada con las plantas de forma natural en los bosques. Estos microorganismos, facilitan la absorción de nutrientes y agua, además de estimular el crecimiento de las plantas. Debido a la importancia ecológica y fisiológica de bacterias benéficas y hongos ectomicorrízicos. El presente trabajo tiene como objetivo validar inoculantes formulados con bacterias fijadoras de nitrógeno, bacterias solubilizadoras de fosfatos y hongos micorrízicos en el desarrollo de plántulas de *Pinus patula*.

Palabras clave: Bacterias, biofertilizante, inoculantes.

Abstract

The high percent of mortality in pine seedlings transplanted from nursery to field is due to their poor adaptation to the environment, which could reduce the application of beneficial bacteria and ectomycorrhizal fungi, which form obligate symbiosis plants naturally in forests. These microorganisms facilitate the absorption of nutrients and water, and stimulate plant growth. Due to the ecological and physiological of bacteria beneficial and ectomycorrhizal fungi. This study validate inoculants of formulated with nitrogen-fixing bacteria, phosphate solubilizing bacteria and mycorrhizal fungi in the development in seedlings of *Pinus patula*.

Keys words: Bacteria, biofertilizers, inoculants

Introducción

En las dos últimas décadas, una de las aéreas de estudio que actualmente está impactando en la agricultura es la aplicación de formulaciones microbianas conocidas como inoculantes o biofertilizantes y biocontroladores a través del empleo de bacterias y hongos que viven en asociación con las plantas, lo cual ha resultado positivo para el desarrollo de diversos cultivos. Se distinguen tres grandes grupos de inoculantes compuestos a base de: a) microorganismos fijadores de nitrógeno; b) microorganismos micorrízicos y c) bacterias promotoras del crecimiento. Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal, son bacterias de vida libre presentes en el suelo, capaces de adaptarse, colonizar y persistir en la rizósfera de las plantas afectando o no su crecimiento (Glick, *et al.*, 1999).

Los inoculantes microbianos, son formulaciones que contienen una o más cepas bacterianas o fúngicas benéficas de un fácil uso transportado en un material que sea orgánico, inorgánico o sintético (Bashan, 1998), se basan en la acción microbiana asociada a las raíces de las plantas superiores, favoreciendo la nutrición de estas y que pueden sustituir la fertilización química en forma parcial o total. Las cantidades de inoculante y la semilla necesaria para sembrar una hectárea, son variables y dependen de las características de las semillas y el soporte a utilizar, por lo que se tiene ahorros significativos en costos de transportación, manejo, almacenaje y aplicación. Su elaboración inicia en laboratorios que permiten desde aislar, seleccionar, mantener y producir las bacterias (Carcaño-Montiel, 2003). Otro grupo de organismos benéficos lo constituyen las ectomicorrizas que son simbiosis que se establecen entre hongos principalmente Basidiomycetes y Ascomycetes y especies de árboles y arbusto, y que incluyen tanto a plantas Gimnospermas como Angiospermas. Dicha simbiosis, tiene una enorme relevancia ecológica debido a su importancia en la estructura y funcionamiento de ecosistemas boreales, templados y tropicales (Pérez-Moreno y Read 2004, Smith y Read 2008). A través de su micelio externo, los hongos ectomicorrízicos son capaces de movilizar y transportar agua y nutrientes

minerales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), así como nutrientes poco accesibles tales como formas orgánicas de N y P. Diversas investigaciones han demostrado que, una parte importante de dichos nutrientes son movilizados del suelo o de sustratos orgánicos naturales a las plantas hospederas asociadas (Read y Pérez-Moreno 2003). Dentro de los hongos ectomicorrízicos con potencial para la colonización de plantas en viveros en los primeros estadios ontogénicos de plantas de importancia económica forestal, se encuentran especies de los géneros *Laccaria* y *Hebeloma*. Esto se debe a que ambos géneros poseen especies pioneras, que prosperan en condiciones de baja fertilidad y se asocian con una amplia variedad de hospederos (Cairney y Chambers 1999, Trocha *et al.*, 2007, Obase *et al.*, 2009). El objetivo del presente trabajo fue validar inoculantes bacterianos formulados con bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfatos y hongos micorrízicos en el desarrollo de plántulas de *Pinus Patula*.

Materiales y Métodos

Preparación de inóculo e inoculación. Se trabajo con dos bacterias fijadoras de nitrógeno caracterizadas como *Azospirillum brasilense* y dos bacterias solubilizadoras de fosfatos: de las especies *Chromobacterium violaceum* y *Acinetobacter calcoaceticus* (Cuadro 1) las cuales forman parte del cepario del Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas del I.C.U.A.P. Además, se adicionó una cepa de hongo ectomicorrízico de la especie *Laccaria laccata* proporcionada por Pérez-Moreno J. y Martínez-Reyes M. del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos Estado de México.

La semilla y plántulas de *P. patula* fueron proporcionadas por la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y ordenamiento Territorial del estado de Puebla las cuales procedieron del banco de germoplasma del vivero de Pueblo Nuevo, Municipio de Chignahuapan, Puebla, México. Se utilizaron 400 semillas las cuales fueron tratada con peróxido de hidrogeno (H_2O_2) al 30 % por 5 min, se desinfectaron superficialmente con cloro comercial al 5% durante 15 min. Las semillas se remojaron en agua a 40°C durante 17 a 20 h. Se dejaron secar durante 4 h en la sombra repitiendo este procedimiento dos veces más, posteriormente se colocaron en refrigeración a 4°C durante 2 semanas, como sustrato se utilizo un soporte absorbente estéril y finalmente se incubaron a 25°C hasta la germinación.

Para el trasplante se utilizó tebetes de plástico negro de 140 mL de capacidad, los cuales se lavaron y desinfectaron con alcohol, previo a su llenado con el sustrato. El sustrato utilizado consistió en una mezcla de aserrín de pino-agrolita-vermiculita-peat moss en una proporción 70:10:10:10, el cual fue esterilizado con calor húmedo durante 2 h. Los tubetes se llenaron con el sustrato, dejando en la parte superior un espacio aproximadamente al 10% del volumen para aplicar el inóculo y posteriormente se llenaron en su totalidad. Se colocó una planta por tubete a una profundidad aproximada de 0.5 cm así mismo una capa de granos finos de roca volcánica, conocida como "atzontle" (< 0.5cm de diámetro) en la superficie para cada tubete (Carrasco-Hernández *et al.*, 2011).

Diseño experimental.

El diseño experimental se ajustó a un modelo en bloques al azar, con 7 tratamientos y 20 repeticiones, de las cuales 10 de ellas se usaron para aplicar fertilizante químico en dosis (18-06-12) y 10 sin fertilizante. Los datos obtenidos se compararon por el método de análisis de varianza y para ver diferencias entre los tratamientos se aplico la prueba de Tukey a $P=0.05$ (Olivares-Saenz, 1994). Los tratamientos consistieron en inocular *Pinus patula*, con la especie de *Laccaria laccata* y bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfatos en combinaciones, con fertilización (Cuadro 2) y sin fertilización (Cuadro 3). Adicionalmente se mantendrán testigos con inoculación de bacterias muertas.

Resultados y Discusión

Aplicación de Inoculantes. La inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno, bacterias solubilizadoras de fosfatos y hongos micorrízicos de plántulas de *Pinus patula*, se llevó a cabo de acuerdo al diseño experimental, donde se realizó la inoculación a los tratamientos con bacterias fijadoras de nitrógeno con una población equivalente a 10^6 UFC mL^{-1} , como se describe en el Cuadro 1. Para todos los tratamientos con bacterias solubilizadoras de fosfatos, se inoculó una población 10^7 UFC mL^{-1} . La inoculación del hongo ectomicorrízico, se realizó haciendo dos perforaciones alrededor

de la planta de pino de aproximadamente dos centímetros de profundidad, en los cuales se les aplicó en partes iguales 1.5 mL del inóculo del hongo ectomicorrizico *Laccaria laccata* con 10^7 esporas por mL^{-1} , y se cubrió con una capa del sustrato. Al tratamiento con la combinación de bacterias se inocularon las mismas ordenes de magnitud que los tratamientos antes mencionados de bacterias fijadoras de nitrógeno (BFN) y de bacterias solubilizadoras de fosfatos (BSF), en el tratamiento donde se mezclaron BFN, BSF y ectomicorriza, se inocularon las mismas proporciones de bacterias de cada cepa más el inóculo del hongo, en el tratamiento con BFN y ectomicorriza se inoculó el inóculo respectivo, en el tratamiento BSF y ectomicorriza se mezcló 2.0 mL de inóculo más inóculo del hongo, en el tratamiento control se aplicaron 2 mL de bacterias y ectomicorrizas muertas, las cuales fueron esterilizadas a 120°C , durante 1h.

Posteriormente se colocó una capa delgada de tezontle (< 0.5 cm. de diámetro) a todos los tratamientos y repeticiones, se aplicó un riego de 1 mL por planta. Las plantas permanecerán en condiciones de invernadero durante 6 meses, regándose cada tercer día con agua purificada. A los 30 días después de la primera inoculación, se realizó una segunda inoculación con 10^6 UFC mL^{-1} de BFN y 10^7 UFC mL^{-1} de BSF y 10^7 esporas mL^{-1} .

Cuadro 1. Poblaciones de bacterias fijadoras de nitrógeno y bacterias solubilizadoras de fósforo inoculadas a plántulas de *Pinus patula*.

Tratamientos	Primera Inoculación UFC mL^{-1}	Reinoculación UFC mL^{-1}
<i>Azospirillum brasilense</i> UAP 151 ¹	177×10^6	55×10^6
<i>Azospirillum brasilense</i> UAP 154 ¹	172×10^6	129×10^6
<i>Chromobacterium violaceum</i> ²	117×10^7	84×10^7
<i>Acinetobacter calcoaceticus</i> ²	490×10^7	84×10^7
<i>Laccaria laccata</i> ³	10^7 esporas	10^7 esporas

¹BFN=Bacterias fijadoras de nitrógeno, ²BSF=Bacterias solubilizadoras de fosfato, ³M= Ectomicorriza, CONTROL=Testigo.

Reportes previos han demostrado respuestas positivas de las bacterias hacia diferentes plantas y generando estímulos en el crecimiento vegetal, las poblaciones en los inóculos deben tener poblaciones mínimas de 10^6 ufc mL^{-1} , lo cual se consideró en el experimento con plantas de pino ya que los inóculos preparados, contenían poblaciones equivalentes a las descritas en la literatura. (Burdman *et al.*, 2000)

Cuadro 2. Evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfato y hongos ectomicorrizicos en plántulas de *Pinus patula*, con fertilización a los 30 días después de la inoculación.

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Área de la copa (cm)	Nº de ramas
BFN	5.49 ± 0.80 bc	0.54 ± 0.23 a	4.31 ± 0.94 bc	3.9 ± 1.66 ab
BSF	6.29 ± 0.77 abc	0.66 ± 0.18 a	5.04 ± 0.44 b	4.5 ± 2.91 ab
M	6.65 ± 0.52 ab	0.54 ± 0.24 a	6.15 ± 0.78 a	2.8 ± 1.61 ab
BFN+BSF	5.64 ± 0.43 bc	0.49 ± 0.23 a	4.83 ± 0.55 bc	5.0 ± 1.69 a
BFN+M	6.63 ± 0.70 ab	0.61 ± 0.19 a	6.4 ± 0.91 a	2.2 ± 1.75 bc
BSF+M	6.93 ± 0.52 a	0.65 ± 0.17 a	6.1 ± 0.61 a	2.2 ± 2.09 bc
CONTROL	5.10 ± 1.95 c	0.21 ± 0.12 b	4.11 ± 1.50 c	3.70 ± 2.45 ab

BFN=Bacterias fijadoras de nitrógeno, BSF=Bacterias solubilizadoras de fosfato, M= Ectomicorriza, CONTROL=Testigo.

Al evaluar la inoculación de los diferentes microorganismos en plántulas de *Pinus patula* con fertilización, observamos en el Cuadro 2, que en la altura de las plantas los tratamientos con ectomicorrizas y bacterias solubilizadoras, fijadoras de nitrógeno combinado con ectomicorrizas muestran incrementos promedio de 32% respecto al control. En el diámetro del tallo, todos los tratamientos inoculados muestran diferencias significativas con el control ya que los incrementos promedio fueron de 176%. Con respecto al área de la copa, los tratamientos con bacterias solubilizadoras de fosfatos, *Laccaria laccata* sola y en combinación con las bacterias difieren del control en un 44.09 % de incremento en promedio. Con respecto al número de ramas por planta, no se

detectaron diferencias significativas con el control, sin embargo, la mezcla de bacterias y solo las bacterias solubilizadoras incrementan el número de ramas en 35% y 21% respectivamente.

Cuadro 3. Evaluación de bacterias fijadoras de nitrógeno, bacterias solubilizadoras de fosfato y hongos ectomicorrízicos en plántulas de *Pinus patula*, sin fertilización a los 30 días después de la inoculación.

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Área de la copa (cm)	Nº de ramas (cm)
BFN	5.85 ± 0.92 abc	0.61 ± 0.22 a	5.68 ± 2.35 a	3.7 ± 1.56 a
BSF	5.82 ± 0.70 abc	0.48 ± 0.09 ab	5.21 ± 0.41 a	4.9 ± 2.72 a
M	6.51 ± 0.39 ab	0.39 ± 0.11 bc	5.47 ± 0.77 a	4.2 ± 2.34 a
BFN+BSF	5.39 ± 1.94 bc	0.29 ± 0.17 bc	4.72 ± 1.71 a	5.70 ± 2.83 a
BFN+M	6.7 ± 0.47 a	0.4 ± 0.13 abc	5.56 ± 0.63 a	3.4 ± 2.06 a
BSF+M	6.4 ± 0.50 abc	0.48 ± 0.26 ab	6.1 ± 0.62 a	3.9 ± 2.55 a
CONTROL	5.26 ± 0.69 c	0.21 ± 0.08 c	4.87 ± 0.29 a	3.7 ± 2.05 a

BFN=Bacterias fijadoras de nitrógeno, BSF=Bacterias solubilizadoras de fosfato, M= Ectomicorriza *Laccaria laccata*. CONTROL=Testigo.

Al realizar la evaluación observamos en el Cuadro 3, que en la altura de las plantas los tratamientos con ectomicorriza sola y bacterias fijadoras de nitrógeno mezcladas con el hongo ectomicorrízico difieren del control con incrementos promedio de 23.76% y 27.37% respectivamente. En el diámetro del tallo los tratamientos con bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfatos y la combinación BSF + M, muestran incrementos de 190.47%, 128.57% y 128.57% respectivamente. En los parámetros área de la copa y número de ramas ningún tratamiento muestra diferencias con el control, aunque pueden observar diferencias numéricas.



Figura 1. Efecto de la Inoculación de bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fosfato y hongo micorrízico *Laccaria laccata* en *Pinus patula*. (A) Bacterias fijadoras de nitrógeno. (B) Solubilizadoras de fosfato. (C) Hongo *Laccaria laccata*. (D) Bacterias fijadoras de nitrógeno+solubilizadoras de fosfato. (E) Bacterias fijadoras de nitrógeno+*Laccaria laccata*. (F) Bacterias solubilizadoras de fosfato+*Laccaria laccata*. (G) Control

En la Figura 1, se observa un efecto benéfico, mayor porcentaje de altura, el tratamiento que sobresale de los demás es la combinación de bacterias solubilizadoras de fosfato+ hongo *Laccaria laccata*, los demás tratamientos tienen diferencias significativas y control se diferencia de los demás por presentar una baja altura. Los efectos observados pueden deberse a las propiedades de las bacterias como la fijación de nitrógeno, la producción de sustancias reguladoras del crecimiento vegetal y la solubilización de fosfatos. Grayston *et al.*, (1990), observaron que la inoculación con varios microorganismos promueven el crecimiento de plantas en sistemas estériles y no estériles demostrando que los efectos pueden ser específicos de las variedades.

Conclusión

La aplicación de inoculantes microbianos del tipo bacteriano fijador de nitrógeno, solubilizador de fosfatos y micorrízicos, estimula el desarrollo de plantas de *Pinus patula* en condiciones de vivero.

Agradecimientos

Al proyecto de fortalecimiento de Cuerpos Académicos (PROMEP) cuyo título es: Uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en la producción de plantas destinadas a la reforestación, del cual forma parte la presente investigación. A la Secretaría de Sustentabilidad Ambiental y Ordenamiento Territorial del estado de Puebla por la donación de semillas y plantas de pino

Literatura Citada

- Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use agriculture. *Biotechnology Advances* 16: 726-770.
- Burdman S, Y. Okon y E. Jurkevitch. 2000. Surface characteristics of *Azospirillum brasilense* in relation to cell aggregation and attachment to plant roots. *Critical Reviews in Microbiology* 26:91-110
- Cairney J. W. y S. M. Chambers (eds). 1999. Ectomycorrhizae fungi: Key genera in profile. Ed. Springer, Berlin.
- Carcaño-Montiel, M. G. 2003. Aislamiento, selección e inoculación de las bacterias diazótropas promotoras del crecimiento, *Azospirillum* ssp. y *Klebsiella* ssp. En maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría, Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Posgraduados. Montecillo, edo de México. P. 105.
- Carrasco-Hernández, V., J. Pérez-Moreno, V. Espinoza-Hernández, J. J. Almaraz-Suárez, R. Quintero-Lizaola y M. Torres-Aquino. 2011. Contenido de nutrientes e inoculación con hongos ectomicorrízicos comestibles en dos pinos neotropicales. *Revista chilena de historia natural* 84:1-14.
- Glick, B. C. Patten, G. Holguin y M. Penrose. 1999. Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria. London: Imperial Collage Press.
- Grayston, S.J. J.H. Stephens y L.M. Nelson. 1990. Field and greenhouse studies on growth promotion of spring wheat with co-existent rhizobacteria. p11-16. In: The Second International Workshop on Plant growth-promoting rhizobacteria. C. Keel, B. Koller y G. De'faso (ed.). Bull. Scrop. Interlaken, Switzzerland.
- Obase K. T. Tamai. T. Yajima y T. Miyamoto. 2009. Mycorrhizal synthesis of four ectomycorrhizal fungi in potted *Pepulus maximowiczii* seedlings. *Mycoscience*. 50: 143-145.
- Olivares-Saenz, E. 1994. Paquete de diseños experimentales. FAUANL. Version 2.5. Facultad de Agronomía. UANL. Marín Nuevo León.
- Pérez- Moreno J. D. J. Read. 2004. Los hongos ectomicorrízicos, lazos vivientes que conectan y nutren a los árboles en la naturaleza. *Interciencia* 29: 239-247.
- Read D. J y J. Pérez-Moreno. 2003. Mycorrhizas and nutrient cycling in ecosystems – A journey towards relevant?. *New Phytologist*. 157: 475-492.
- Trocha L. K, J. Oleksyn, E. Turzanska, M. Rudawska y P. B. Reich. 2007. Living on the edge: Ecology of an incipient *Betula*-fungal community growing on brick walls. *Trees* 21: 239-247.
- Smith, S. E. y D. J. Read. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, New York, USA. 606 pp.

PRODUCCIÓN DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*eisenia foetida* Sav.), EN TRES DIFERENTES SUSTRATOS ORGÁNICOS

Romero Romano Carlos Osvaldo¹, Ocampo Mendoza Juventino¹, Sandoval Castro Engelberto¹ y Tobar Reyes J. Refugio².

Colegio de Postgraduados, Campus Puebla¹. E-mail. engelber@colpos.mx
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla², Facultad de Ingeniería Agrohidráulica.

Resumen

El experimento se realizó en módulos de 1.20 x 1.50 x 0.40 m. El objetivo fue evaluar tres diferentes sustratos para la producción de lombriz (*Eisenia foetida* Sav.). El diseño experimental fue bloques al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. Las variables analizadas fueron: **PLJ**. Población de lombrices jóvenes (sin clitelo), **PLA**. Población lombrices adultas (con clitelo), **PT**. Población total y **TS**. Temperatura de sustratos. Los tratamientos fueron: **C.C.** Cascarilla de cacahuete (100%), **E.V.** Estiércol de vaca (100%), **E.B.** Estiércol de borrego (100%), **C.C+E.B.** Estiércol de borrego + Cascarilla de cacahuete (70-30%), **E.B+E.V+C.C.** Estiércol de borrego + Estiércol de vaca + Cascarilla de cacahuete (35-35-30%) **C.C+E.V.** Estiércol de vaca + Cascarilla de cacahuete (70-30%), **E.B+E.V.** Estiércol de borrego + Estiércol de vaca (50-50%). Los tratamientos se precompostearon durante un mes; posteriormente se inoculó en cada módulo, 2 Kg de lombriz con sustrato. Durante tres meses, se realizaron muestreos semanales en forma de zigzag, utilizando un cilindro con capacidad de 0.001 m³. Los datos se analizaron con el programa SPSS versión 15.0., obteniendo diferencias significativas (Tukey, P<0.05%) en las variables PLJ, PLA y PTL. Siendo el tratamiento E.B+E.V+C.C el que presentó la PLJ mayor (113.29). Los tratamientos C.C+E.V y E.V con la PLA más alta (98.94 y 94.89); y los tratamientos C.C+E.V y E.B+E.V+C.C con PTL mayor (196.5 y 197.33). La TS no mostro diferencia significativa. Concluyendo que la producción de lombriz está directamente relacionada con el sustrato donde habita; estiércol vacuno, de ovino, cascarilla de cacahuete o combinaciones.

Palabras clave: Estiércol, ovino, vacuno, cascarilla de cacahuete, población.

Abstract

The experiment was conducted in modules of 1.20 x 1.50 x 0.40 m. The objective was to evaluate three different substrates for the production of earthworm (*Eisenia foetida* Sav.). The experimental design was randomized blocks with 7 treatments and 3 repetitions. The variables analyzed were: **PLJ**. Young population of worms (no clitellum), **PLA**. Population adult worms (with clitellum), **PT**. Total population and **TS**. Substrates temperature. The treatments were: **C.C.** Peanut hulls (100%), **E.V.** Cow manure (100%), **E.B.** Sheep manure (100%), **C.C+B.E.** Sheep manure + peanut hulls (70-30%), **E.V+E.B+C.C.** Sheep manure + Cow manure + peanut hulls (35-35-30%) **C.C+EV** Cow manure + peanut hulls (70-30%), **E.B+EV** Sheep manure + Cow manure (50-50%). Treatments were composted for a month, subsequently inoculated into each module 2 kg of worms with substrate. For three months, Samples were taken weekly in a zigzag pattern, using a cylinder whit capacity of 0.001 m³. The data were analyzed using SPSS version 15.0., Obtaining significant differences (Tukey, P <0.05%) in the variables PLJ, PLA and PTL. The treatment E.V+E.B+CC which the PLJ highest (113.29). Treatments C.C+E.V and E.V whit the PLA higher (98.94 and 94.89) and treatments C.C+EV and E.B+E.V+CC present the PTL higher (196.5 and 197.33). The TS not showed significant difference. Concluding that the production of worm is directly related to the substrate where it lives.

Keywords: Sheep manure, cow manure, peanut hulls, population.

Introducción

En México, gran parte de los abonos orgánicos como los estiércoles y los subproductos de cosecha se pierden en el campo o no son utilizados de manera adecuada. Ya que, en el caso de los estiércoles al ser expuestos al medio ambiente, pierden nutrientes esenciales para las plantas, debido a que son lavados por la lluvia, degradados por microorganismos y larvas que se alimentan de él (Simpson, 1991). Y en el caso de los subproductos de cosecha estos son dejados a la intemperie, quemados o

simplemente retirados de la parcela. Perdiendo así la oportunidad de reincorporar nutrientes a las parcelas de los agricultores. Es mencionado por varios autores que, al aprovechar estos recursos derivados directa o indirectamente del sector agropecuario y presentes en las diferentes regiones del país, se podría incrementar la eficiencia productiva.

Una de las opciones que existen para el tratamiento de este tipo de residuos es la lombricultura. Esta técnica consiste en la elaboración de abono orgánico a través de la utilización de varias especies de lombrices, de las cuales la más conocida y usada es *Eisenia foetida*, o "lombriz roja californiana". Ya que esta ha sido reportada como la más útil en la transformación de los residuos orgánicos (Zepeda, 2000).

Diversos investigadores han demostrado que las lombrices de tierra provocan diferentes efectos benéficos, físicos, químicos y biológicos, sobre los suelos, y que estos efectos pueden incrementar el crecimiento de la planta y el rendimiento de los cultivos, tanto en ecosistemas naturales como en los ecosistemas manejados. Estos efectos se han atribuido al mejoramiento de las propiedades y la estructura del suelo, a una mayor disponibilidad de los elementos nutritivos para las plantas, y a una creciente población microbiana y metabolitos biológicamente activos, como los reguladores de crecimiento de la planta (Atiyeh *et al.*, 2000). Además, se ha demostrado que bajo la acción de las lombrices se incrementa tanto la velocidad de mineralización del N como los índices de conversión del N-NH_4^+ a N-NO_3^- (Atiyeh *et al.*, 2002).

En forma paralela a la producción de abono; la crianza de lombriz se constituye en una actividad que también puede generar ingresos a los productores, ya sea para pie de cría, o por su alto contenido de proteína (> 60% p/p, base seca) utilizarla en forma de harina para consumo humano (Velázquez *et al.*, 1986) o en actividades como la avicultura y piscicultura.

Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo del 15 de febrero al 15 de junio de 2011; en las instalaciones de la unidad experimental de Atlixco, del Colegio de Posgraduados, Campus Puebla. En módulos de mampostería de 1.20 m de largo, 1.50 m de ancho y 0.40 m de alto (0.72 m³). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con un total de siete tratamientos con tres repeticiones.

Los sustratos con los que se trabajó se encuentran disponibles en la región de Atlixco, estos fueron cascarilla de cacahuate (*Arachis hypogaea* L.), estiércol de ganado vacuno y estiércol de ganado ovino. Formando los siguientes tratamientos: **C.C.** Cascarilla de cacahuate (100%), **E.V.** Estiércol de vaca (100%), **E.B.** Estiércol de borrego (100%), **C.C+E.B.** Estiércol de borrego + Cascarilla de cacahuate (70-30%), **E.B+E.V+C.C.** Estiércol de borrego + Estiércol de vaca + Cascarilla de cacahuate (35-35-30%) **C.C+E.V.** Estiércol de vaca + Cascarilla de cacahuate (70-30%), **E.B+E.V.** Estiércol de borrego + Estiércol de vaca (50-50%).

Los tratamientos se precompostearon durante un mes, para obtener condiciones óptimas de temperatura (24-27°C) y humedad (75-80%) para el desarrollo de las lombrices. De acuerdo a lo recomendado por Kaplan *et al.* (1980). La temperatura se midió con un termómetro de acero inoxidable (TFA®) y la humedad con el método propuesto por Ferruzi (1986). Posteriormente se inoculó en cada módulo el equivalente a 2 Kg de lombriz "lombriz roja californiana" mezclada con sustrato. Durante tres meses, se realizaron muestreos semanales en forma de zigzag, utilizando un cilindro con capacidad de 0.001 m³; el cual se rellenaba con sustrato para posteriormente ser vaciado en una mesa para cuantificar la población de lombrices jóvenes (sin clitelo) y población de lombrices adultas (con clitelo) y población total. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SPSS versión 15.0.

Resultados y Discusión

La población de lombrices jóvenes (sin clitelo), fue mayor (Figura 1) en el tratamiento E.B+E.V+CC. En comparación con todos los tratamientos; E.V y E.B que son los que presentaron los valores más bajos.

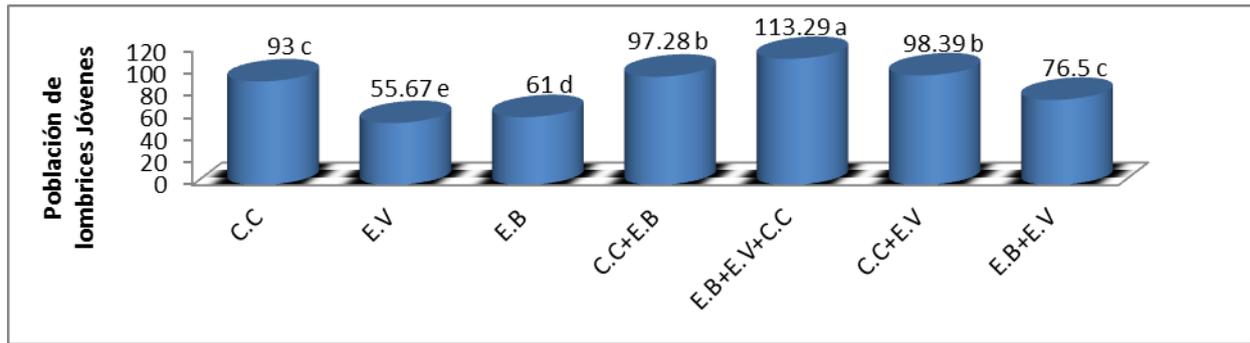


Figura 1. Medias de 11 muestreos por tratamiento, para la variable población de lombrices jóvenes. Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey, $P < 0.05$.

Esto puede deberse a una baja relación C:N; ya que, los estiércoles tienen altas concentraciones de nitrógeno y muy bajas concentraciones de carbono (Santamaría y Ferrera-Cerrato, 2002). Es por esto que el tratamiento E.B+E.V+C.C registró la media más alta, puesto que la cascarilla de cacahuate presenta alto contenido de carbono y bajo nitrógeno, lo que provoca amplia relación C:N. Además, los aspectos químicos, físicos y biológicos del estiércol varían de acuerdo con el patrón alimenticio del ganado, del cual dependerá la calidad del estiércol y por lo tanto, la aceptación de dicho sustrato por las lombrices (Reinés, 2004).

La población de lombrices adultas (con clitelo), fue mayor en los tratamientos C.C + E.V y E.V; ambos fueron estadísticamente iguales. Y el tratamiento de cascarilla de cacahuate al 100%, registro el valor más bajo (Figura 2).

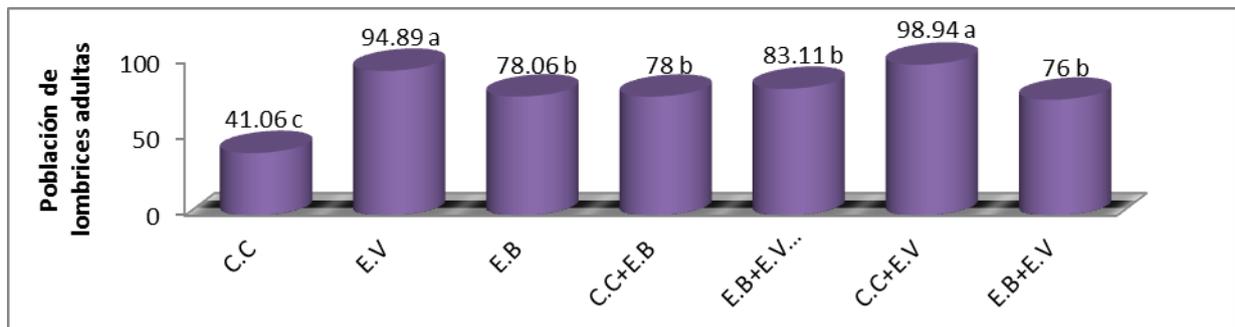


Figura 2. Medias de 11 muestreos por tratamiento, para la variable población lombrices adultas. Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey $P < 0.05$.

Esto resultados puede deberse a que los residuos orgánicos con bajo contenido de N total suponen alta relación C:N, como es el caso de la cascarilla de cacahuate. Estos pueden aprovecharse para el vermicomposteo pero el proceso es demasiado lento y las lombrices no se desarrollan adecuadamente. Por tal motivo, es recomendable la mezcla de estos residuos orgánicos con sustratos de baja relación C:N para acelerar el proceso de lombricomposteo y obtener mayor biomasa de lombrices (Santamaría y Ferrera-Cerrato, 2002).

Las medias registradas para la variable población total de lombrices fue mayor y estadísticamente igual (Figura 3) en los tratamientos C.C+E.V y E.B+E.V+CC. Los valores más altos se obtuvieron en los tratamientos donde está presente el estiércol de vaca. Estos resultados coinciden con lo encontrado por Loh *et al.* (2005) en relación a que el mejor sustrato para la producción de lombriz es el estiércol de bovino composteado. Sin embargo, es importante mencionar que el estiércol de una misma especie (vacuno) posee efectos distintos sobre el crecimiento de *Eisenia foetida*, según sea la dieta de las vacas, los mejores resultados se correlacionan con un contenido elevado en carbohidratos (Rodríguez y Natale, 1998).

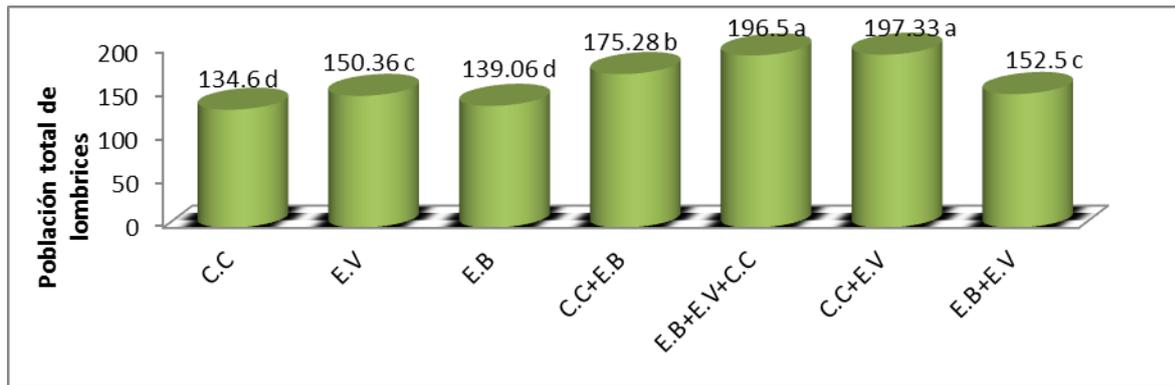


Figura 3. Medias de 11 muestreos por tratamiento, para la variable población total de lombrices. Medias con las mismas letras no son significativamente diferentes, de acuerdo con la prueba de Tukey, $P < 0.05$

Con base a los resultados presentados en la Figura 3 se estima que la población total de los tratamientos E.B+E.V+C.C y C.C+E.V por m^3 (Figura 4), es menor a la registrada por Duran y Enríquez (2007), en sustratos de broza de café, estiércol vacuno y esquilmos ornamentales, pero mayor a los resultados obtenidos por Santamaría y Ferrero-Cerrado (2002) utilizando como sustratos desechos de mercado (Frutas y verduras), paja y estiércol de borrego.

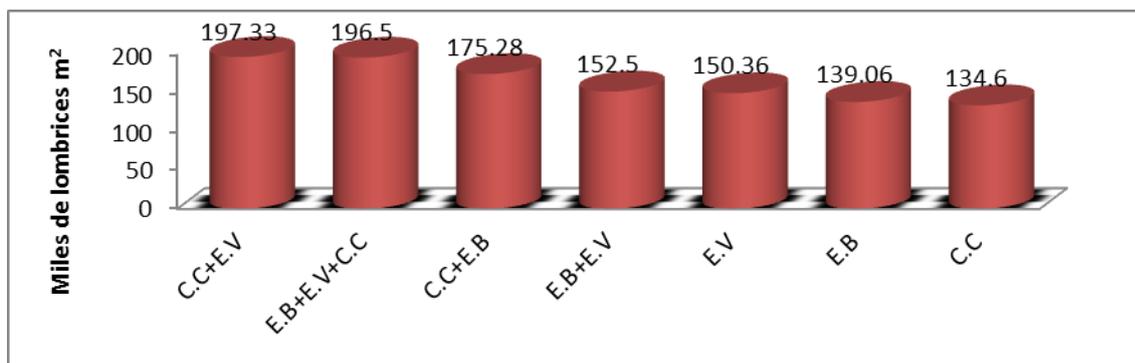


Figura 4. Población de lombriz estimada por m^2 .

Las temperaturas registradas en los módulos (25.11-26.11) no mostraron diferencias significativas entre ellas. Estas temperaturas están dentro de los valores normales señalados por Zepeda (2000) y Reinés *et al.* (2004). Por lo que se consideró, que la temperatura no afectó negativamente el comportamiento de las lombrices.

Conclusiones

El comportamiento de la lombriz *Eisenia foetida* Sav. está directamente relacionados con el tipo de sustrato en el cual habita; estiércol vacuno, ovino, cascarilla de cacahuete o sus combinaciones. No es correcto generalizar sobre valores de desarrollo y reproducción sin indicar el tipo de sustrato usado. Para próximos estudios se recomienda complementar la información con análisis químicos de los sustratos.

Literatura citada

- Atiyeh R.M., Subler S., Edwards C., A.; Bachman, G. and J. D. Metzger. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología* 44:579-590.
- Atiyeh, R. M., Lee, S., Edwards, C. A., Arancon, N. Q. and J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Biores. Technol.* 84:7-14.

- Durán, L. y C. Henríquez. 2007. Caracterización física, química y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1):41-51.
- Ferruzi, C., 1986. Manual de lombricultura. Madrid. España. Mundi-Prensa. 138 p.
- Kaplan, D. L., R. Hartenstein, E. F. Nevhauser y M. R. Malecki. 1980. Physicochemical requirements in the environment of the earthworm *Eisenia Foetida*. *Soil. Biochem*, 12:347-352.
- Loh, T. H., Lee, Y. C., Liang, J. B., y D., Tan-2005. Vermicomposting of cattle and goat manures by *Eisenia foetida* and their growth and reproduction performance. *Bioresource technology*. 96(1):111-114.
- Reinés, A. M. M. 2004. Dinámica y causa de la presencia de planarias terrestres Plathelminthes: terrícola en unidades de lombricultura en Cuba. Memoria del Primer Congreso Internacional de Lombricultura y Abonos Orgánicos: Inocuidad Alimentaria y un Ambiente Sano. 10-12 de marzo. Guadalajara, Jalisco, México. p.118-121.
- Rodríguez, C. y Natale, E. 1998. Estudio del ciclo biológico de *Eisenia foetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) en tres compost de origen pecuario. Resúmenes 9a. Jornada Nacional de Lombricultura. Gral. Cabrera. Córdoba.
- Santamaría S., Ferrera-Cerrato R. 2002. Dinámica poblacional de *Eisenia andrei* (Bouché 1972) en diferentes residuos orgánicos. *Terra Latinoamericana*, julio-septiembre, año/vol. 20 número 003. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp. 303-310.
- Simpson, K. 1991. Abonos y estiércoles. Ed. Acribia. Madrid, España. 286 p.
- Velásquez, L., Herrera C., y Ibáñez I. 1986. Harina de lombriz. I Parte: Obtención, composición química, valor nutricional y calidad bacteriológica. *Alimentos* 11 (1): 15-21.
- Zepeda, P. R. 2000. —Manual práctico de lombricultura—. Universidad Autónoma de Chapingo. p. 1-51.

ESTUDIO DE METABOLITOS PRODUCIDOS POR BACTERIAS QUE SOLUBILIZAN FOSFATO AISLADO DE LA RAÍZ Y RIZOPLANO DE GRAMÍNEAS

Paredes-Mendoza Marianela¹, Espinosa-Victoria David², Zavaleta-Mancera Hilda A.²
Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México¹. E-mail: marianela@colpos.mx
Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas²

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue identificar metabolitos producidos por bacterias solubilizadoras de fosfato (BSP) aisladas de la raíz y rizoplaneo de gramíneas, y determinar la capacidad de tres cepas de *Burkholderia* para colonizar las raíces de avena, cebada, trigo y maíz. Se aislaron 147 BSP, el medio de cultivo denominado Medio Mínimo para Solubilización de Fosfato Colegio de Postgraduados con MgCl (MMSFCP-Mg) fue el más eficiente. Veintisiete de las mejores cepas fueron seleccionadas con base en la eficiencia de solubilización de fosfato tricálcico y roca fosfórica (RF). Usando modificaciones del medio de cultivo líquido MMSPCP-Mg con RF (fluoroapatita) y un consorcio bacteriano denominado C27 formado por las 27 BSP, se observó la mayor solubilización de RF y producción de ácidos orgánicos. Durante la solubilización de la RF en todas las cepas se detectó la producción de ácido glucónico y 2-cetoglucónico, también se detectó la síntesis de ácidos oxálico, cítrico, maléico, málico, succínico, láctico, fumárico, fórmico, acético, propiónico, adípico y butírico. Las bacterias aisladas pertenecieron a los géneros *Burkholderia*, *Pseudomonas* y *Pantoea*. En las cepas estudiadas, las fosfatasas alcalinas mostraron mayor actividad que las ácidas. Solo dos de las BSP produjeron ácido indol acético; en el estudio de inmunodetección en el tejido vegetal se determinó la capacidad de tres cepas de *Burkholderia* de penetrar y colonizar la zona apical y basal de las raíces de gramíneas. El uso de BSP para la solubilización de distintas rocas fosfatadas es una alternativa para incrementar la cantidad de P disponible para las plantas.

Palabras clave: ácidos orgánicos, fosfatasas, inmunodetección.

Abstract

The objective of this study was to identify metabolites produced by phosphate solubilizing bacteria isolated (PSB) from the root and rhizoplane of grasses, and determining the ability of three strains of *Burkholderia* to colonize the roots of oats, barley, wheat and corn. A group of 147 PSB was isolated, the Minimum Medium for Phosphate Solubilization-Colegio de Postgraduados amended with MgCl (MMPSCP-Mg) was the most efficient culture medium. According to the efficiency for tricalcic phosphate and rock phosphate (RP) solubilization, 27 strains were selected. The highest solubilization of RP and synthesis of organic acids were observed when the liquid medium MMPSCP-Mg was amended with RP (fluoroapatite) and inoculated with the bacterial consortium C27 (formed by the 27 PSB). During the RP solubilization all strains synthesized gluconic and 2-cetogluconic acids, also the presence of other acids such as oxalic, citric, maleic, malic, succinic, lactic, fumaric, formic, acetic propionic, adipic and butyric was detected. The isolated bacteria belonged to the genera *Burkholderia*, *Pseudomonas* and *Pantoea*. Alkaline phosphatase activity was higher than acid phosphatase activity in the bacteria group studied. Indol acetic acid was produced for two strains; the bacteria immunodetection study, the ability of three strains of *Burkholderia* to penetrate and colonize the apical and basal zones root tissue of grasses. The use of phosphate solubilizing bacteria for solubilization of different phosphate rocks and other phosphorous sources is a promissory alternative to increase the amount of available P for plant nutrition.

Key words: organic acids, phosphatases, immunodetection.

Introducción

El fósforo (P) es un nutriente esencial para las plantas, al cual se le atribuyen efectos como el incremento del crecimiento aéreo y radicular, aumento de la relación tallo/raíz, mayor tolerancia a estrés y menor incidencia y severidad de enfermedades. Además produce efectos agronómicos deseables como el estímulo del macollaje en gramíneas y la uniformidad y precocidad en la

maduración de los granos. El P se encuentra en baja disponibilidad (0.1 y 1 Kg por hectárea) en muchos suelos agrícolas (Alexander 1980; Troeh y Thompson, 1993). Estos índices bajos del nutriente se deben a que el fósforo soluble reacciona con iones como el calcio, el hierro o el aluminio que provocan su precipitación o fijación, disminuyendo su disponibilidad para las plantas (Rodríguez Fraga, 1999). El fósforo orgánico constituye una significativa proporción del fósforo del suelo (entre el 30 y el 50%). El fósforo orgánico es defosforilado por fosfatasas para ser asimilado por las plantas, las fosfatasas de la rizósfera son exudadas por las plantas o por microorganismos del suelo como las bacterias que mineralizan fosfato orgánico (Tarafdar y Junk, 1987). Varios estudios han determinado la capacidad de los distintos géneros bacterianos para solubilizar compuestos insolubles de fosfato inorgánico, como el fosfato tricálcico, fosfato dicálcico, hidroxapatita y roca fosfórica mediante la producción de ácidos orgánicos (Rodríguez y Fraga, 1999). Entre los ácidos orgánicos liberados por las BSP se encuentran los ácidos cítrico, glucónico, 2-cetoglucónico, láctico, succínico, propiónico y butírico (Paredes-Mendoza y Espinosa-Victoria, 2010). Entre las BSP existen algunas especies endófitas debido a que tienen la capacidad de penetrar y proliferar en el interior de las raíces de este órgano, y trasladarse por el sistema vascular, sin causar daño (Sturz *et al.*, 2000). Pero poco se conoce sobre los mecanismos por los que las BSP entran y colonizan los tejidos vegetales, pero el hecho de que en las diferentes etapas del proceso de colonización de la raíz, las bacterias atraviesan las paredes celulares vegetales indica que las enzimas hidrolíticas de la pared celular vegetal producidas por las bacterias como celulasas, hemicelulasas y pectinasas pueden estar implicados en este proceso (Compant *et al.*, 2008). El presente trabajo tuvo como objetivo, identificar metabolitos producidos por bacterias solubilizadoras de fosfato aisladas de la raíz y rizoplaneo de diferentes cultivos, y determinar la capacidad de tres cepas de *Burkholderia* para colonizar las raíces de avena, cebada, trigo y maíz.

Materiales y Métodos

Se realizaron muestreos de raíces y del rizoplaneo de maíz, trigo, avena, amaranto, girasol y cebada. La selección de las cepas y de las fuentes de carbono (glucosa, fructosa y sacarosa) fue en base al diámetro de los halos de solubilización (Diámetro del halo = diámetro total - diámetro de la colonia) y el crecimiento de la colonia en el medio de Picovskaya. Se compararon los medios de cultivo PVK (Picovskaya), NBRIP (National Botanical Research Institute's phosphate growth medium) y dos medios mínimos propuestos que fueron designados como MMSFCP y MMSFCP-Mg (MMSFCP con MgCl) para estudiar la solubilización de fosfato en medio sólido y líquido de las bacterias 27 bacterias seleccionadas solas y en consorcio (C27). Para los medios líquidos inoculados con el consorcio C27, se realizaron dos tratamientos, uno con aeración y otro sin aeración. En los medios líquidos se tomaron alícuotas cada 24 horas y se les determinó el pH y P soluble. Los ácidos orgánicos fueron identificados por cromatografía líquida de alta presión (HPLC). Se evaluó *in vitro* el potencial de las 27 bacterias seleccionadas para la producción de fosfatasas ácidas y alcalinas extracelulares e intracelulares con el método del p-nitrofenilfosfato (Antibius *et al.*, 1992). Se determinó la producción de AIA con el reactivo de Salkowsky (Fallik *et al.*, 1989). Las cepas fueron caracterizadas fenotípicamente usando los sistemas multipuebas API 20NE Y API 20E. La actividad de la celulasa fue determinada mediante el método de Andro *et al.*, (1984) y la actividad pectinasa de las cepas de acuerdo al método de Plazinski y Rolfe (1985). Se emplearon las cepas (RT12, CAFEA y 1T13) pertenecientes al género *Burkholderia* para realizar los estudios de inmunolocalización, debido que presentaron la mayor capacidad de producir pectinasas y celulasas en medio sólido; así como una alta solubilización de RF. A las cuales se les determinó la capacidad de penetrar y colonizar la zona apical y basal de las raíces cuando las plántulas presentaron la segunda y tercera hoja madura por medio del marcaje de los anticuerpos con FAST RED (Chemicon) y se observaron con microscopía de fluorescencia, para ello se produjeron anticuerpos policlonales de la fracción LPS en conejo para cada una de las tres cepas bacterianas, que fueron identificadas genéticamente por la secuenciación del gene 16S rDNA. Los valores obtenidos de los tratamientos fueron analizados por medio del programa estadístico XLSTAT-PRO 7.5 (2009). Se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey, considerando un 5% de significancia para detectar si existieron diferencias estadísticamente significativas de los tratamientos.

Resultados y discusión.

Se aislaron 147 cepas bacterianas, el mayor número de bacterias solubilizadoras de fosfato fueron aisladas de maíz y cebada; de las cuales 21 cepas son del género *Burkholderia*, 4 de *Pseudomonas* y 2 de *Pantoea*. El medio de cultivo MMSFCP-Mg fue el más eficiente comparado con los otros medios, debido a que en placa se observaron halos de solubilización de hasta 3.8 cm a los catorce días, y en medio líquido se determinaron hasta 380 mg mL⁻¹ de fosfato soluble a los seis días. Por la eficacia que presentó el medio MMSFCP-Mg este fue utilizado en los estudios de solubilización de fosfato. Veintisiete de las mejores cepas aisladas (Consortio C-27) del rizoplano y de la raíz de maíz, trigo, cebada, avena y girasol cultivados en suelos de México fueron seleccionadas con base en la eficiencia de solubilización de las fuentes de fosfato inorgánico usando modificaciones del medio de cultivo líquido Medio Mínimo para Solubilización de Fosfato Colegio de Postgraduados con MgCl (MMSPCP-Mg) con roca fosfórica (fluoroapatita). Las bacterias del consorcio denominado C-27 produjeron la mayor solubilización de roca fosfórica y producción de ácidos orgánicos, cuando se empleó glucosa como fuente de carbono y aeración (Figura 1.1).

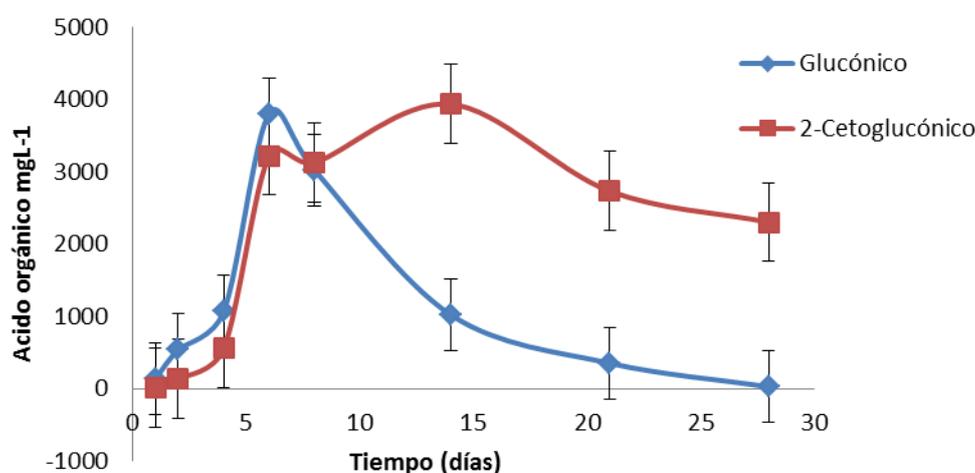


Figura 1.1. Producción de ácido glucónico y 2-cetoglucónico por el consorcio bacteriano C-27 usando el medio MMSRCP-MgG.

Durante solubilización de la RF en todas las cepas se detectó la producción de ácido glucónico y 2-cetoglucónico, también se detectó la síntesis de ácidos oxálico, cítrico, maleico, málico, succínico, láctico, fumárico, fórmico, acético, propiónico, adípico y butírico. Las cepas MARC36 (2105.7 mgL⁻¹ de ácido 2-cetoglucónico) y CAFEA 30N (2100 mgL⁻¹ de ácido 2-cetoglucónico), identificadas ambas como *Burkholderia cepacia*, fueron las más eficientes en la solubilización de RF y producción de ácidos orgánicos. Las fosfatasas alcalinas mostraron mayor actividad que las ácidas, y las especies de *Burkholderia* fueron las más eficientes en su producción. La bacteria *Burkholderia cepacia* MC25 aislada de maíz azul fue la que presentó mayor capacidad de producir fosfatasa intra y extracelular alcalina (172.5 y 106 $\mu\text{mol.pml}^{-1}\text{d}^{-1}$, respectivamente). Solo dos de las cepas aisladas produjeron ácido indol acético, *Burkholderia cepacia* RT12 aislada del trigo y *Pantoea spp* AVN aislada de la avena. En el estudio de inmunodetección, las bacterias se localizaron en epidermis, parénquima de la corteza y xilema. El incipiente desarrollo de la banda de Caspary, pudo haber facilitado la entrada de las bacterias al cilindro vascular. De acuerdo a la secuenciación del gene 16S rDNA estas cepas fueron identificadas como: *Burkholderia gladioli* 1T13, *Burkholderia cepacia* RT12 y *Burkholderia cepacia* CAFEA.

Conclusiones

La capacidad de producción de ácidos orgánicos y fosfatasas, por parte de las bacterias aisladas de la raíz y rizoplano de gramíneas, sugiere el gran potencial de las mismas para contribuir a la solubilización de fosfato inorgánico y mineralización de fosfato orgánico en suelos agrícolas. En vista de que en general las plantas requieren de 10 a 30 Kg de fósforo por hectárea, la capacidad de los

microorganismos para solubilizar y mineralizar los depósitos de fósforo disponibles en los suelos resulta crucial. Sin embargo, el mayor número de BSP aisladas pertenece al género *Burkholderia*, que alberga especies patógenas oportunistas en humanos y multirresistentes a antibióticos, por lo que su uso como biofertilizante podría verse obstaculizado.

Literatura Citada.

- Alexander, M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. Libros y Editoriales. México. 491 p.
- Andro, T., J. Chambost, A. Kotoujansky, J. Cattaneo, Y. Bertheau, F. Barras, F. Gijsegem, and A. Coleno. 1984. Mutants of *Erwinia chrysanthemi* defective in secretion of pectinase and cellulase. *Journal of Bacteriology* 160: 1199-1203.
- Antibius, R. K., R. L. Sinsabugh, and E. Linkins. 1992. Phosphatase activities and phosphorus uptake from inositol phosphate by ectomycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Botany* 70:794-800.
- Compant, S. J. Nowak, T. Coenye, C. Clément, and E. Ait Barka. 2008. Diversity and occurrence of *Burkholderia* spp. in the natural environment. *FEMS Microbiol Rev.* 32(4):607-626.
- Fallik, E., and Y. Okon, E. Epstein, A. Goldman, and M. Fischer. 1989. Identification and quantification of IAA and IBA in *Azospirillum brasilense*-inoculated maize roots. *Soil Biol Biochem* 21: 147-153.
- Paredes-Mendoza, M. y Espinosa-Victoria D.2010. Ácidos orgánicos producidos por rizobacterias que solubilizan fosfato: una revisión crítica. *TERRA Latinoamericana* 28(1):61-70.
- phosphatase. *J Bacteriol* 170 : 4916–4923.
- Plazinski, J., and B. J. Rolfe. 1985. Analysis of pectolytic activity of *Rhizobium* and *Azospirillum* strains isolated from *Trifolium repens*. *J. Plant Physiol.* 120:181-187.
- Rodríguez, H., and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Adv.* 17:319-339.
- Sturz, A. V., B. R. Christie, and J. Nowak. 2000. Bacterial endophytes: potential role in developing sustainable systems of crop production, *Crit. Rev. Plant. Sci.* 19:1-30.
- Tarafdar, J. C., and A. Jungk. 1987. Phosphatase activity in the rhizosphere and its relation on the depletion of soil organic phosphorus. *Biol. Fert. Soils* 3:199-204.
- Troeh, F. R., and L. M. Thompson. 1993. *Soils and Soil Fertility*, 5th ed. New York: Oxford University Press, 1993.

EFFECTO DE LOS BIOSÓLIDOS SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE MICRONUTRIENTES EN SUELOS AGRICOLAS

Díaz Méndez Gabriela¹, Castelán Vega Rosalía², Tamariz Flores Víctor².

¹Facultad de Ingeniería, ²Instituto de Ciencias Agrícolas- DICA, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

E-mail: gabrieladiazmdez@hotmail.com zeeromx@yahoo.com

Resumen

Una de las tendencias actuales es el reusó de residuos y obtener beneficio de ellos, para ello surge la idea del aprovechamiento de lodos residuales municipales a la aplicación agrícola, esto puede llegar a ser una alternativa viable de acuerdo a verificar que los niveles de metales no sean un potencial de riesgo ambiental y de salud asociado con el uso de estos residuos en suelos agrícolas. Este estudio se llevó a cabo con muestras de lodos residuales producidos en una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la ciudad de Puebla (México). El objetivo fue determinar las concentraciones de metal disponible de Cu, Fe, Zn y Mn presentes en los suelo con biosólido para la zona sur del municipio de Puebla. Los metales fueron extraídos con DTPA y determinados por espectrofotometría de absorción atómica. Las muestras se tomaron a una profundidad de 30 cm. Se observó un incremento en los contenidos de los 4 micronutrientes estudiados en los suelos con biosólidos lo que nos indica que la incorporación de los biosólidos puede ayudar a mejorar las deficiencias de estos elementos para los cultivos, sin embargo es necesario monitorear continuamente estos elementos para que no lleguen a niveles tóxicos en los suelos.

Palabras claves: biosólidos, micronutrientes

Abstract

One of current trends is the reuse of waste and benefit from them, for it raises the idea of the use of municipal sludge to agricultural application, this can become a viable alternative in line to check the levels of metals are potential environmental and health risks associated with the use of these residues in agriculture soils. This study was carried out on samples of seware sludge produced in a plant for wastewater treatment located in the city of Puebla (México). The objective was to determine the available metal concentrations of Cu, Fe, Zn and Mn in soil whit biosolids to the southern of Puebla City. The metals were extracted whith DTPA and determined by atomic adsorption spectrophotometry. Samples were taken at a depth of 30cm. An increase in the contents of the 4 micronutrients studied in soils with biosolids which indicates that the addition of biosolids can improve the deficiencias of these elements to the crops, but in these elements must be monitored continuously to not reach toxic in soils.

Keywords: biosolids, micronutrients

Introducción

Puebla está generando 140 de toneladas de biosólidos diarios producidos en las 5 plantas tratadoras de aguas residuales y uno de los problemas a resolver es, buscar la vía de eliminación o utilización más viable de estos residuos, para provocar el menor impacto en los ecosistemas, la opción más atractiva en cuanto a costos y equipo es destinarlos en terrenos agrícolas, porque podrían reciclar nutrientes y ser útiles desde el punto de vista agronómicos. Los biosólidos son sólidos ricos en materia orgánica con contenidos suficientes de nitrógeno y fósforo que los hace potencialmente útiles como fertilizantes y como fuente de materia orgánica se han realizado diversas investigaciones en cuanto a su aplicación en el ámbito forestal y agrícola en distintos países obteniendo resultados favorables en pastizales (Jurado, 2004), maíz (Uribe, 2002), tomate (Utria, 2008), haba (Del campo, 2002), lechuga (Celis, 2006) y frijol (Linares, 2000) entre otros. Además pueden mejorar las propiedades físicas del suelo como la densidad aparente, la estructura, porosidad y retención de agua; todo lo cual puede reflejarse en un incremento en el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, debido a los procesos fisicoquímicos que intervienen en los tratamientos de las aguas residuales, los biosólidos tienden a acumular metales pesados (Vélez, 2007) y compuestos orgánicos poco biodegradables presentes en las aguas residuales. (Bonilla, 2000). La finalidad de este trabajo es determinar las concentraciones de micronutrientes

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

presentes en suelos agrícolas debido a la aplicación de biosólidos, para definir si es viable o no su aplicación.

Materiales y Métodos

El estudio fue realizado en las localidades de San Francisco Totimehuacan y La Paz Tlaxcolpan pertenecientes al municipio de Puebla, estos suelos tienen la característica de que han sido usados con fines agrícolas y el estado actual de estos suelos es degradado. Fue establecida un área de 10,00 0m² para cada localidad con fines de su caracterización de micronutrientes Cobre (Cu), hierro (Fe), Cinc (Zn) y Manganeso (Mn). Fue tomada una muestra a una profundidad de 0 a 30 cm por el método de Zig-zag obteniendo 8 muestras individuales mezcladas y homogenizadas, por el método del cuarteo para obtener la muestra compuesta respectiva. De igual forma fue tomada una muestra a la incorporación del biosólido al suelo. Se tomaron muestras de 2 kg para suelos con biosólidos y sin biosólidos las cuales se secaron a temperatura ambiente y tamizaron con malla número 10 y se prosiguió a su almacenamiento para sus posteriores análisis. Se realizó la disposición de 140 m³ biosólidos para cada hectárea por medio de un camión de carga de provenientes de las plantas de tratamiento de Atoyac Sur y Alseseca Sur y su homogenización fue por medio de un tractor a una profundidad de 30 cm, dejándolo un tiempo de sequedad de 6 semanas. Análisis de metales en suelos, para su determinación se realizó por medio del método propuesto por Lindsay y Norwell (1978); mezcla de DTPA 0.005M, con una solución de cloruro de calcio (CaCl₂ 2H₂O) 0.01M y tritanolamina (TEA) 0.1M ajustado el pH 7.3 con HCl; se les agregaron 20 ml de la solución extractante, (relación suelo solución 1:2); los frascos herméticamente cerrados se colocaron en un equipo de agitación horizontal y se agitaron por 2 horas a una velocidad de 120 ciclos/minuto. Las suspensiones se filtraron con papel filtro Whatman y la solución extractante fue determinada por espectrofotometría de absorción atómica utilizando un espectrofotómetro modelo Varian ApectrAA 55B.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan algunas de las propiedades fisicoquímicas de los suelos antes y después de ser incorporados los biosólidos. Se puede observar un incremento en el contenido de materia orgánica y en las concentraciones de N y P. El pH disminuyó en los dos suelos, resultados similares son reportados por Robledo-Santoyo en un trabajo realizado con biosólidos en Aguascalientes. En el Cuadro 2 se presentan los contenidos de micronutrientes de los biosólidos empleados en este estudio

Cuadro 1. Resultados de los análisis fisicoquímicos de los suelos en estudio

Parámetro	San Francisco Totimehuacan		La Paz Tlaxcolpan	
	S/N biosólido	C/ biosólido	S/N biosólido	C/ biosólido
pH	6.6	6.3	7.3	6.4
Materia orgánica %	0.13	0.40	1.34	5.24
Textura	Francolimoso	Francoarcilloso	Franco	Francolimoso
Fosforo (P) ppm	55.60	187.66	22.38	38.72
Nitrógeno (N) %	2.4	3.8	1.7	4.2

Cuadro 2. Concentración de micronutrientes extraíbles con DTPA en biosólidos (ppm)

Micronutriente	Atoyac Sur	Alseseca Sur	NOM-004 SEMARNAT		USEPA 503		Comunidad europea	
			Excelentes	buenos	LG	CE	pH ≤ 7	pH ≥ 7
Cu	0.9	1.7	1500	4300	4300	1500	1000	1750
Fe	515	274	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zn	250	180	2800	7500	7500	2800	2500	4000
Mn	26.5	8	ND	ND	ND	ND	ND	ND

Los contenidos de metales presentes en las concentraciones de biosólidos de ambas PTARs no rebasan las concentraciones máximas permisibles establecidas en NOM-004-SMARNAT-2002, estadounidense USEPA (1995) y la Comunidad Económica Europea por el Council of the European Communities (CEC 1986) y están por muy por debajo de los límites catalogados como excelentes. Las

concentraciones más altas encontradas fueron del Fe, Zn y las más bajas del Cu, la normativa permite que estos biosólidos con contenidos bajos en metales sean adecuados para el uso en la agricultura.

Los resultados del Cuadro 3, comparan las muestras promedio obtenidos de las concentraciones de Cu, Fe, Zn y Mn del suelo sin biosólido y con biosólido de las localidades de San Francisco Totimehuacan y La Paz Tlaxcolpan. Se observa que en general las concentraciones de metales aumentan en los suelos con biosólidos. Los suelos sin biosólidos presentaron niveles deficientes para Zn, en las dos comunidades. Los otros 3 micronutrientes se encuentran arriba del valor reportado como adecuado, según la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Cuadro 3. Concentración de micronutrientes extraíbles con DTPA en suelos (ppm)

Micronutriente	San Francisco Totimehuacan		La Paz Tlaxcolpan	
	Suelo	Suelo con biosólido	Suelo	Suelo con biosólido
Cu	1.3	1.7	7.4	12.3
Fe	14.94	26.3	27.0	38.6
Zn	0.32	0.56	0.20	0.86
Mn	5.86	6.12	0.92	1.85

Estos valores se encuentran fuertemente condicionados por las variables edáficas de nuestros suelos así como por el efecto de la incorporación de los biosólidos, principalmente el contenido de materia orgánica hace que los metales se encuentren en forma de quelatos haciéndolos poco disponible para las plantas.

El orden del contenido de micronutrientes para estos suelos y la dosis aplicada de biosólidos fue Fe>Mn>Cu>Zn para el suelo de San Francisco y Fe>Cu>Mn>Zn para el suelo de La Paz esta diferencia en el orden de entre Zn y Mn se puede deber a el pH de los suelos- Los valores promedio de Fe, Cu y Mn son muy parecidos a los reportados por Potisek-Talavera (2010), en estudio realizado con biosólidos de Torreón, pero existe una gran diferencia a los valores reportados de Zn. En la Figura 1, se observa los incrementos en los contenidos de nutrientes para ambos suelos.

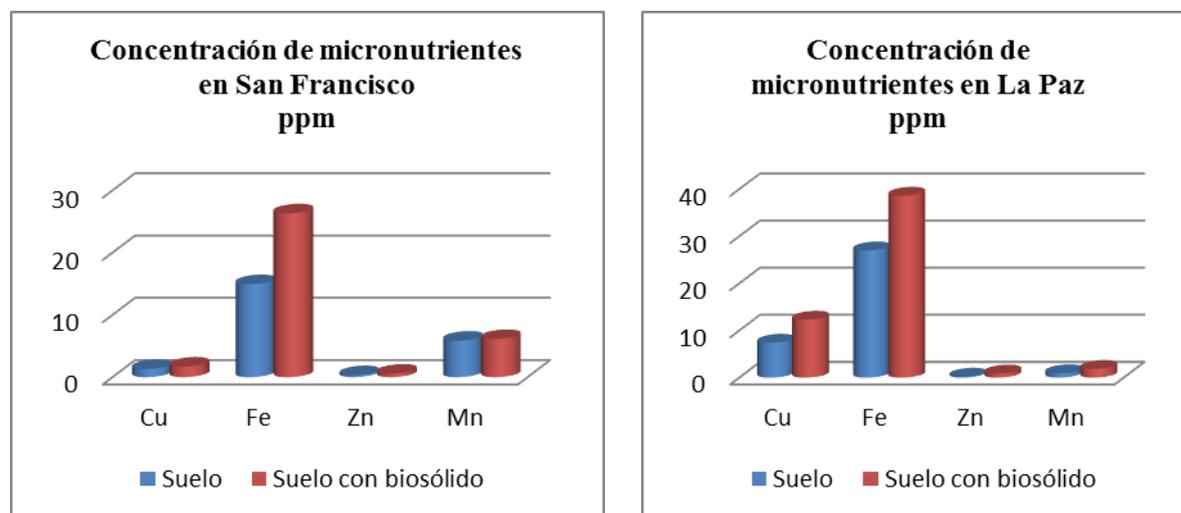


Figura1. Concentración de micronutrientes en los suelos en estudio

Como se puede observar las diferencias entre las concentraciones de micronutrientes entre los suelos y los suelos con incorporación de biosólidos nos son muy importante esto se debe a que es la primera incorporación, por lo que no existe una gran acumulación del metal, se requiere seguir el monitoreo para poder vigilar que no se lleguen a concentraciones que excedan los límites permisibles de estos elementos en los suelos de uso agrícola. Como se puede observar el metal extraíble no llega a elevadas concentraciones debido a que permanece fuertemente unido a las fracciones orgánicas de los suelos,

tienden a permanecer en estas formas químicas siempre y cuando no cambien drásticamente las condiciones de pH y REDOX de los suelos. Hay que vigilar que la lixiviación de estos metales no llegue a los mantos freáticos y puedan afectar al medio ambiente.

Conclusiones

La incorporación de biosólidos a los suelos de temporal mejora algunas de las propiedades de los suelos, de manera importante se incrementa el contenido de materia orgánica. Las texturas de los suelos con biosólidos se vuelven más finas debido a la incorporación de material limoso.

Los micronutrientes aumentan en los suelos con biosólidos sin llegar a niveles peligrosos, por el contrario sus contenidos disponibles pueden remediar las deficiencias de estos micronutrientes para los cultivos.

Es necesario seguir monitoreando estos elementos para evitar su posible lixiviación hacia los mantos freáticos.

Literatura Citada

- Alleman, J.E., Bryan, E.H., Stumm, T.A., Marlow, W.W., Hocevar, R.C. (1990), Sludge-Amended Brick Production: Applicability for Metal-Laden Residues, *Water Science and Technology*, 22(12), 309-317.
- Alonso, A., Estibalez, J.J. (1992), Estudio Comparativo de Cuatro Métodos de Mineralización de Muestras de Lodos de Depuradora de Aguas Residuales, *Tecnología del Agua*, 100, 17-19.
- Alpha, Environmental Technology (1993), Informe.
- Aziz, M.A., Koe, L.C.C. (1990), Potential Utilization of Sewage Sludge, *Water Science and Technology*, 22(12), 277-285.
- Amy L Shober, Richard C Stehouwer and Kirsten E. MacNeal. (2007) Chemical Fractionation of Trace Elements in Biosolid-Amended Soils and Correlation with Trace Elements in Crop Tissue. *Commun Soil Sci Plant Anal* 38(7):1029 - 1046 (2007)
- Amy L Shober, Richard C Stehouwer and Kirsten E Macneal (2003). On-farm assessment of biosolids effects on soil and crop tissue quality. *J Environ Qual* 32(5):1873-80 (2003) PMID 14535332
- Bastian, R.K. (1994), United States Regulations and Practical Experience on Biosolids Reuse and Disposal, *Jornadas Técnicas: Biosólidos y Aguas Depuradas Como Recursos*. R. Mujeriego y L. Sala (Eds.). Pág. 169-192. Sant Feliu de Guíxols, Gerona.
- Bowen, P.T., Entwistle, J.M., Hendrick, J.E., Quillin, J.S., Tyagi, U.N. (1988), Sludge Treatment, Utilization, and Disposal, *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 60(6), 837-844.
- Bowen, P.T., Hendrick, J.E., Woodward, T.A., Mitchell, L.C., Lahlou, M. (1989), Sludge Treatment, Utilization, and Disposal, *Journal of the Water Pollution Control Federation*, 61(6), 821-829.
- Bowen, P.T., Jackson, M.K., Corbitt, R.A., Gonce, N. (1992), Sludge Treatment, Utilization, and Disposal, *Water Environment Research*, 64(4), 378-386.
- Bruce, A.M., Davis, R.D. (1989), Sewage Sludge Disposal: Current and Future Options, *Water Science and Technology*, 21, 1113-1128.
- Environmental Protection Agency. Biosolids generation, use, and disposal in the United States. Office of Solid Waste. EPA- 530-R-99-009. 1999.
- Gass WB, Sweeten JM. Benefits of applying sewage sludge on agricultural land. *Texas Agric. Ext. Serv. Publ. B-1637*. College, Station, TX. The Texas A&M Univ. System; 1992:1-13.
- Gómez PJM, Ruiz de Apodaca A, Rebollo C, Azcárate J. European policy on biodegradable waste: A management perspective. In: *Specialised conference on sludge regulation, treatment, utilisation and disposal*. International Water Association (IWA)-UNAM-UAM. Acapulco, México. 2001:21-29.
- Martín del Campo M. G., Vaca R., Lugo J, Esteller, Gómez G. y Garrido E. (2001). Application of municipal sewage sludge in broad bean cultivation (*Vicia Faba*) in Agricultural lands in the Valley of Toluca, México. IWA (International Eater Association) Specialised conference on sludge management, Acapulco, Gro. México. 465-469 p.p.
- Martínez J.C.; Hinojosa J.T.; Romero L.H.; Olivares E.S.; Montes F.C. y Bolívar S.S (2001). Residual effect of biosolids in cauliflower (*Brassica oleracea* var. *Batrytis*) regarding yield, essential

- and heavy metal concentration in heads and soil. IWA (International Water Association) Specialised conference on sludge management, Acapulco, Gro. México. 403- 409 p.p.
- Outwater A. B. Reuse of sludge and minor wastewater residuals. Boca Raton, Florida, USA. Lewis Publishers; 1994.
- Potisek Talavera Ma. del Carmen, Figueroa Viramontes Uriel, González Cervantes Guillermo, Jasso Ibarra Rodolfo, Orona Castillo Ignacio. (2010). Aplicación de biosólidos al suelo y su efecto sobre el contenido de materia orgánica y nutrientes. Terra latinoamericana, vol.28 no.4. oct-Dic. 2010. pp 327-333. SMCS A.C. Chapingo México.
- Richard C Stehouwer and Kirsten E Macneal (2004). Effect of alkaline-stabilized biosolids on alfalfa molybdenum and copper content. J Environ Qual 33(1):133-40 (2004) PMID 14964367
- SEMARNAT (2002). Norma Oficial Mexicana (NOM-004-SEMARNAT-2002). Protección ambiental. Lodos y biosólidos. Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes para su aprovechamiento y disposición final. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México. p.p. 5-7.
- Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD, Havlin JL. Soil fertility and fertilizers. 5th ed. Upper Saddle River, New Jersey, USA: Prentice Hall; 1993. Van Den Berg JJ. Effects of sewage sludge disposal. J Land Degradation Rehab 1993;4:407-413.
- Zamora Natera F.; Salcedo E.; Aguayo A. (1999). Efecto de la aplicación de lodos residuales como abono orgánico en el cultivo de maíz. Memorias del VII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería y del IV Congreso Latinoamericano de Biotecnología y Bioingeniería. Huatulco, Oax., México

NITROGENO RESIDUAL DE ESTIERCOL BOVINO EN LA PRODUCCION DE TRITICALE

Luna Anguiano Jesús^{1*}, Escareño Héctor Idilio², Urbina Martínez Miguel A¹., Rodríguez Montelongo Jesús³, Calzada Conchado Karen Goreti³ y Moreno Sepúlveda Luis Enrique³.

¹Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales, ²Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED, ³Alumnos Facultad de Agricultura y Zootecnia UJED.

*E-mail: maestrillo14@hotmail.com.

Resumen

En México se estima una producción de estiércol del ganado estabulado y semiestabulado de 61 millones de toneladas (INEGI 1997), siendo las principales cuencas aportadoras de este abono la Comarca Lagunera, el valle de Juárez y otras zonas del norte y noreste de Chihuahua (Trinidad 2007). Este abono es una fuente de nutrientes económica para los cultivos y su aplicación determina una mejor fertilidad y mejoría en las propiedades físicas del suelo tomando en cuenta que dosis altas pueden ocasionar problemas de salinidad y/o sodicidad. La investigación se realizó en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), los factores de estudio fueron: variedades (AN105 y Eronga) y dosis de estiércol (0, 20, 40, 60 y 80 t ha⁻¹) y un testigo químico (100-150-00), se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas y tres repeticiones. El objetivo del presente estudio fue determinar la mejor dosis de estiércol residual en la producción de triticale y las características del suelo. Los resultados mostraron diferencias estadísticas entre variedades con una $p > F$ de 0.0001, encontrando en los tratamientos estercolados una $p > F$ de 0.0007 donde el mayor rendimiento se obtuvo en la dosis de 60 t ha⁻¹ de estiércol con un rendimiento medio de 47.35 t ha⁻¹ de forraje verde. En la conductividad eléctrica el anova mostró un $p > F$ de 0.0059, mientras que en la altura de planta, mo, nitratos y pH no se encontró diferencias estadísticas.

Palabras clave: Fertilidad del suelo, residuos orgánicos, abono orgánico.

Abstract

In Mexico, estimated production of feedlot manure and semiestabulado 61 million tons (INEGI 1997), the main contributions of this manure basins the region Lagunera, Valle de Juárez and other parts of northern and northeastern Chihuahua (Trinidad 2007). This fertilizer is an economical source of nutrients for crops and their application determines better fertility and improved soil physical properties, taking into account that high doses may cause salinity problems and / or sodicity. The research was carried out in experimental agricultural field in the Facultad de Agricultura y Zootecnia, Division de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-DEP-UJED), the factors studied were: varieties (AN105 and Eronga) and dose of manure (0, 20, 40, 60 and 80 t ha⁻¹) and chemical control (100-150-00), we used a randomized block design with stripes arrangement and three replications. The aim of this study was to determine the best dose of manure waste in the production of triticale and soil characteristics. The results showed statistical differences between varieties with $p > F$ 0.0001, found for the amendment a $p > F$ 0.0007 where the highest yield was obtained at a dose of 60 t ha⁻¹ manure with an average yield of 47.35 t ha⁻¹ of green fodder. The electrical conductivity of the anova showed a $p > F$ of 0.0059, while the plant height, mo, nitrates and pH did not find statistical differences.

Keywords: Soil fertility, organic waste, organic fertilizer.

Introducción

En México, se estima una producción de 61 millones de toneladas de estiércol (INEGI, 1997) considerando únicamente el ganado estabulado y semiestabulado, donde las principales cuencas aportadoras de este importante residuo son la Comarca Lagunera, el Valle de Juárez y otras áreas de la región norte y noreste de Chihuahua (Trinidad, 2007). El estiércol bovino lechero como otros abonos orgánicos utilizados en agricultura tiene el potencial de ser una fuente de nutrientes económica y efectiva para los cultivos. Su aplicación al suelo determina un aumento en la fertilidad así como también una mejoría en sus propiedades físicas. Este residuo orgánico es acumulado en los lugares en que estos se generan o aplicados comúnmente al tanteo en algunos predios agrícolas, lo cual puede

provocar degradación de la calidad de los suelos y aguas freáticas. La cantidad de nutrientes disponibles del estiércol en el suelo para las plantas, es quizás una de las preguntas más comunes y sin respuesta exacta debido a los múltiples factores físicos, químicos y biológicos que intervienen en el proceso de descomposición de materiales orgánicos.

Una de las formas más precisas es mediante la evaluación de la descomposición del estiércol en campo directamente (Flores *et al.*, 2007). Los productores que disponen de este abono lo utilizan de una manera indiscriminada aplicando dosis altas de 200 a 250 toneladas por hectárea por año, lo cual hace necesario llevar a cabo análisis del balance salino y de la calidad del suelo sin olvidarnos de que la clave consiste en evitar la utilización inapropiada de este recurso para poder proteger la calidad del suelo y del agua. En este sentido se hace necesario una caracterización de estos materiales para predecir su aporte de nutrientes a los cultivos, (Bitzer Sims, 1998; Griffin *et al.*) esta predicción es importante debido a que se pueden provocar contaminación ambiental al aplicar dosis excesivas, ya sea por pérdidas excesivas, por pérdidas gaseosas de N (procesos de desnitrificación y volatilización de amoníaco como por pérdida de NO_3^- por lixiviación. (Sims, 1987; Rochette *et al.*, 2000b). Los forrajes producidos en el ciclo de primavera-verano, no son suficientes para la alimentación del ganado en la temporada invernal, esto a orillado a los productores a buscar alternativas que les ayuden a complementar el abastecimiento de alimento, tanto en cantidad como en calidad para dicha temporada.

Una buena alternativa que se ha venido utilizando para sustituir al maíz y a la alfalfa en épocas que estos cultivos no se pueden establecer, es el cultivo del triticale. Este es un cultivo de invierno, el cual se ha venido incluyendo en las dietas alimenticias del ganado lechero debido a que este cultivo reúne un alto potencial de producción biomasa (10.59 Mg ha^{-1} de materia seca), con un valor nutritivo adecuado (16.76 % PC), estolerante a factores adversos del medio ambiente como las bajas temperaturas, por lo cual se puede producir una buena cantidad de forraje durante los meses con temperaturas bajas (Diciembre, Enero y Febrero), tiene mayor tolerancia que todos los cultivos tradicionales a deficiencias de agua, nutrientes y una adecuada resistencia a plagas y enfermedades (Béjar y Ammar, 2002). Por las cuestiones anteriormente mencionadas el objetivo de este estudio fue determinar la mejor dosis de estiércol bovino que es capaz de mantener o incrementar la producción del cultivo de triticale y determinar el comportamiento de estas dosis en algunas características físicas y químicas del suelo.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, División de Estudios de Posgrado (FAZ-UJED-DEP) con la finalidad de determinar la mejor dosis de estiércol que el suelo es capaz de biodegradar para una mayor producción de forraje verde y seco de triticale, sin provocar contaminación al suelo por la lixiviación de nitratos o salinidad.

Localización geográfica

La Región Lagunera se localiza en la parte Centro-Norte del país. Esta se ubica entre los meridianos $102^\circ 22'$ y $104^\circ 47'$ longitud Oeste, y los paralelos $24^\circ 22'$ y $26^\circ 23'$ latitud Norte, su altura media sobre el nivel del mar es de 1,139 m.

Ubicación del sitio experimental

El experimento se realizó en el ciclo de otoño-invierno en 2010, en el campo agrícola (CAE-FAZ-UJED), el cual se encuentra ubicado en el km. 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, a inmediaciones del ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo.

Características ecológicas del sitio

En la Comarca Lagunera, Aguirre (1981), reporta un clima seco desértico con lluvias en el verano e inviernos frescos. La precipitación pluvial es de 241.9 mm anuales y una temperatura media anual es de 21.5°C con rangos de 33.7 como máximo y 7.5 como mínimo. La evaporación anual media aproximadamente es de 2,396 mm y presenta una humedad relativa variada de acuerdo a la estación del año, con 31 % en Primavera, 47 % en Verano, 58 % en Otoño y 40 % en invierno (CNA, 1999).

Características del suelo y estiércol

Se recolectaron 3 muestras aleatorias de suelo y 3 de estiércol para determinar las condiciones en las que se encontraba el suelo y el estiércol, los análisis se realizaron en el laboratorio de la (Faz-Ujed), encontrando en el suelo un pH que oscila entre 8 y 8.5, con una conductividad eléctrica entre 1.2 y 2.0 dS m⁻¹, un porcentaje de materia orgánica menor del 2 % y una concentración de nitratos de entre 7 y 14 ppm y en el estiércol valores de 7.8 para el pH, 0.65 dS m⁻¹, 5.39 % de materia orgánica y una concentración de nitratos de 0.84 ppm.

Espacio de exploración

Los factores en estudio fueron cultivo de triticale (variedades AN 105 y Eronga 83) y estiércol bovino con dosis de 0 hasta 80 Ton ha⁻¹ con tratamientos de 20 en 20 y un testigo químico con la dosis recomendada para esta región por Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, (100-150-00 de N-P-K) respectivamente. El diseño del experimento fue en bloques al azar con un arreglo en franjas con tres repeticiones.

Establecimiento y conducción del experimento

Aplicación de estiércol

El estiércol que se utilizó fue estrictamente de bovino del establo de la FAZ-UJED. La aplicación del estiércol se hizo un mes antes de la siembra de primavera-verano donde se estableció maíz y con el nitrógeno residual se estableció el triticale en otoño-invierno.

Siembra

La siembra se llevo a cabo el 26 de Noviembre de 2010 se utilizaron las variedades ERONGA y AN 105 estableciendo parcelas de 8x8 metros con una densidad de población de 120 kg ha⁻¹. Los tratamientos con estiércol fueron seis con 0, 20, 40, 60, 80 t ha⁻¹ de estiércol y una fertilización química de 100- 150-00 de N, P, K respectivamente. Los riegos se llevaron a cabo en intervalos de 20 a 23 días, se llevaron a cabo tres riegos con una lámina de 12 cm aplicándose el primero el 28 de noviembre, el segundo el 21 de diciembre y el último el día 12 de enero. La distribución de los tratamientos en campo, se hizo bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas y tres repeticiones. Se evaluaron, rendimiento verde y seco (t ha⁻¹), Altura de planta (m), temperatura del suelo (°C) y humedad del suelo (%), pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y nitratos.

Cosecha

La cosecha se realizó a los 125 días después de la siembra cuando el cultivo estaba en embuche y aproximadamente un 10 % de floración, cosechando 1 m² por unidad experimental para determinar materia verde y seca. Las variables medidas en la planta fueron peso verde y peso seco mediante una balanza de reloj y extrapolando los resultados para conocer los rendimientos en toneladas por hectárea, para variables en el suelo se evaluó el pH con un potenciómetro, conductividad eléctrica con un conductímetro ambos en extracto de pasta de saturación, materia orgánica por el método de Walkey y Black y nitratos por el método del ácido salicílico. El análisis estadístico se realizó con el paquete computacional Statistical Analysis System Ver. 4.0.1111.

Resultados y Discusión

Rendimiento

El análisis de varianza mostro diferencias estadísticas entre variedades con una $p > F$ de 0.0001, donde el mayor rendimiento lo obtuvo la variedad AN105 con rendimiento medio de 45.24 t ha⁻¹ y en los tratamientos estercolados se obtuvo una $p > F$ de 0.0007 donde el mayor rendimiento se obtuvo en la dosis de 60 t ha⁻¹ de estiércol con un rendimiento medio de 47.35 t ha⁻¹ de forraje verde seguido del tratamiento de 20 t ha⁻¹ de estiércol con 45.1 t ha⁻¹ de forraje verde, los cuales fueron seguidos por las dosis de 80 y 40 t ha⁻¹ de estiércol que reportaron valores de 42.8 y 42.1 t ha⁻¹ de forraje respectivamente, dejando en último lugar a la fertilización química y al testigo que alcanzaron rendimientos de 37.13 y 27.13 t ha⁻¹ de forraje respectivamente. En el rendimiento de forraje seco no se presentó diferencia estadística sin embargo la prueba de medias arroja como mayor rendimiento el de la dosis de 40 t ha⁻¹ de estiércol con un valor de 12.8 t ha⁻¹ de materia seca y en último lugar el testigo con un rendimiento de 9.1 t ha⁻¹ de forraje seco.

Altura de planta

La altura de planta no mostro diferencia estadística en ninguna de las cuatro fechas de muestreo sin embargo las pruebas de medias indican que las alturas más altas de planta fueron reportadas por los tratamientos de 80 y 60 t ha⁻¹ de estiércol con valores de 10 y 9.6 cm respetivamente en el primer muestreo mientras que en la última fecha de muestreo fueron los más altos estos mismos reportando una altura de 127 cm para la dosis de 60 t ha⁻¹ y 123 para la dosis de 80 t ha⁻¹ de estiércol, mientras que la fertilización química reporto valores de 8.7 cm en el primer muestreo y 106.8 cm en la ultima fecha.

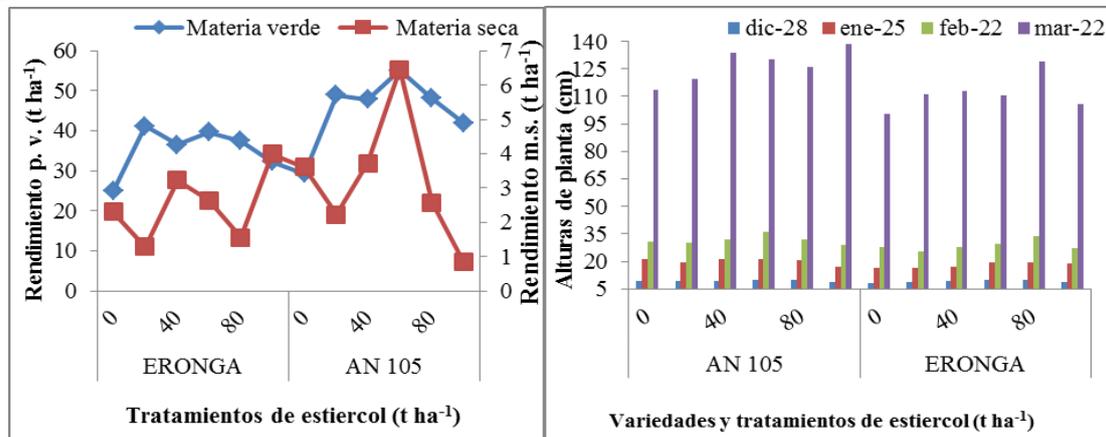


Figura 1. Rendimiento de materia verde y seca en t ha⁻¹ (izquierda) y alturas de planta en cuatro fechas de muestreo (derecha). CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.

El pH, la materia orgánica y los nitratos del suelo no indica diferencias estadísticas sin embargo las pruebas de medias para el pH reportaron valores más altos en las dosis de 20,40 y 60 t ha⁻¹ de estiércol en ambas variedades, en la materia orgánica los valores más altos fueron encontrados en la dosis de 80 t ha⁻¹ de estiércol con un valor de 2.62 para la variedad AN 105 sin embargo para la variedad Eronga el valor más alto lo reporto la dosis de 20 t ha⁻¹, la mayor concentración de nitratos se encontró en la dosis de 80 t ha⁻¹ para la variedad Eronga y para la variedad An105 en la dosis de 20 t ha⁻¹ donde se obtuvieron valores de 2.17 y 2.1 ppm respectivamente.

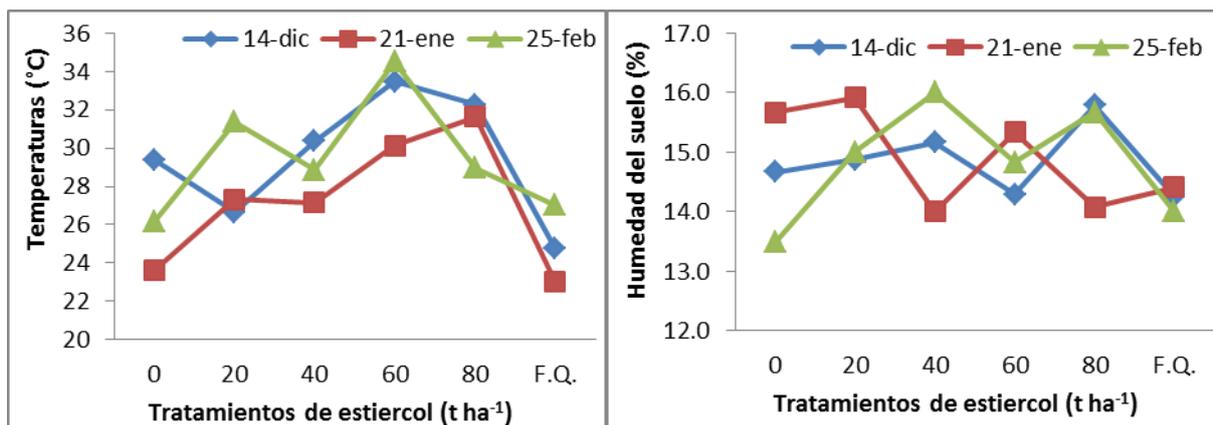


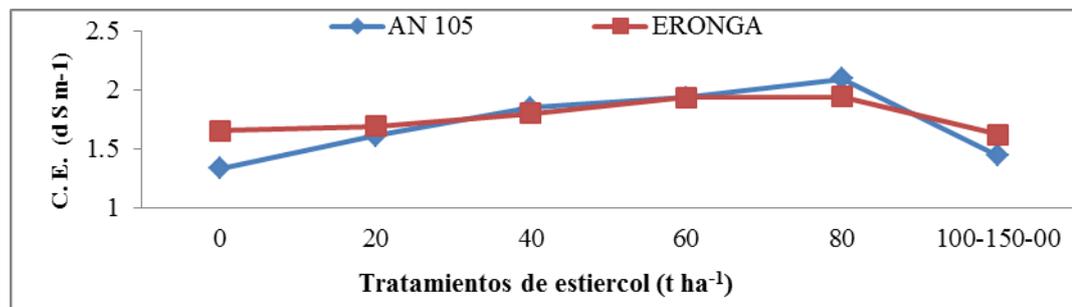
Figura 2. Temperaturas del suelo (izquierda) y % de Humedad del suelo en 3 fechas de muestreo (derecha). CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.

Cuadro 1. pH, Materia Orgánica y Nitratos en el suelo al final del ciclo de cultivo de triticale. CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.

Estiércol (t ha ⁻¹)	pH		MO(%)		NO ₃ (ppm)	
	AN 105	Eronga	AN 105	Eronga	AN 105	Eronga
0	7.918	7.850	1.746	2.233	1.338	0.831
20	8.086	8.120	2.215	2.421	2.100	1.718
40	8.073	8.105	2.591	1.991	0.985	2.050
60	8.125	8.080	1.971	1.455	1.831	1.896
80	7.951	8.195	2.620	1.678	1.520	2.178
100-150-00	7.775	7.975	1.775	1.610	1.571	1.716
DMS	0.038		1.09		0.84	

Conductividad Eléctrica

La Conductividad eléctrica mostro diferencia estadística solo en los tratamientos con estiércol mostrando los valores más altos de esta variable en la dosis de 80 t ha⁻¹ de estiércol con un valor de 2.02 dS m⁻¹ encontrando en el análisis de varianza una $p > F$ de 0.0059 seguidos de la dosis de 60, 40 y 20 t ha⁻¹ 1.9, 1.7 y 1.6 respectivamente, esto indica que debemos tener cuidado con la aplicación de dosis altas de estiércol al suelo las cuales nos pueden traer problemas de salinidad en los suelos y disminuir los rendimientos del cultivo.

**Figura 3. Conductividad eléctrica del suelo al final del ciclo de cultivo. CAE-FAZ-DEP-UJED.2010.****Conclusiones**

La mejor dosis de estiércol residual para la producción de forraje de triticale es de 60 t ha⁻¹. Una dosis de 80 t ha⁻¹ provoca un aumento de la salinidad del suelo y una disminución del rendimiento. La temperatura del suelo aumenta a medida que se incrementa la dosis de estiércol aplicado. El pH, se mantuvo en los mismos niveles que al inicio del ciclo.

Literatura citada

- Béjar Hinojosa Moisés y Karim Ammar (2002). El triticale una alternativa forrajera para el Norte de México; Folleto para productores N°7. Salaces, Chih. México. Consultado en [Http://www.engormx.com/tritivale](http://www.engormx.com/tritivale)
- Flores, M.J.P. 2007. Resinas de intercambio iónico para evaluar la mineralización del nitrógeno en suelos tratados con abonos orgánicos. In: Salazar et al. (eds.): Uso y aprovechamiento de abonos orgánicos e inocuidad. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (SMCS), CONACYT. Gómez Palacio Durango. P.386-412.
- INEGI. 1997. Estadísticas Nacionales, SEMRNAT.
- Trinidad, A. 2007. Utilización de estiércoles, SAGARPA, Secretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyo para el Desarrollo Rural. Montecillo, Estado de México. 1-8p.

COEFICIENTE DE PARTICION DE NPK EN TRES SUELOS DE YUCATAN

Borges Gómez Lizette¹, Moo Kaul Cristy Carolina¹, Benitez Pinzon Rene¹, Osalde Balam Mercedes¹, Cen Chuc Fanny¹, González Valencia Carlos¹

Instituto Tecnológico de Conkal. Km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul. Conkal, Yuc. México. E-mail: lizette_borges@hotmail.com

Resumen

La distribución de los nutrimentos aplicados al suelo entre la fase sólida y líquida es una característica importante ya que permite conocer la disponibilidad de los minerales aplicados a través de la fertilización. El objetivo de este estudio fue evaluar en tres suelos de Yucatán la partición de N, P y K entre la fase sólida y la solución del suelo y con ello determinar la capacidad de los suelos para el suministro de los minerales. Los suelos estudiados fueron: Luvisol, Gleysol y Vertisol. Se tomaron muestras a 30 cm de profundidad y se realizaron las isoterms de sorción-desorción aplicando la ecuación de Freundlich. Para ello, se adicionó a los suelos soluciones crecientes de 0-10, de 0-5 y de 0-6 mmol L⁻¹ de NO₃⁻, HPO₄²⁻ y K⁺ respectivamente utilizando como fuentes el KNO₃, KH₂PO₄ y KCl. La diferencia de concentraciones entre lo adicionado y lo obtenido correspondió a lo retenido en la fase sólida. Posteriormente se realizó la desorción utilizando una solución extractante de Cloruro de Calcio 0.01 M. Los resultados mostraron mayor afinidad de K⁺ a la fase sólida seguido de HPO₄²⁻ y por ultimo de NO₃⁻. El total del NO₃⁻ incorporado se recuperó en la solución del suelo; el HPO₄²⁻ únicamente con la aplicación de 5 mmol L⁻¹ se encuentran en la solución del suelo, por ultimo para K⁺ el contenido en la fase sólida fue 10 veces mayor al presente en la fase líquida.

Palabras clave: Capacidad de suministro de nutrientes, Luvisol, Gleysol y Vertisol

Abstract

The distribution of the nutriments applied to the soil between the solid and liquid phase is an important characteristic to know the availability of minerals applied with the fertilization. The aim of this study was to evaluate in three soils of Yucatan the partition of N, P and K retained in the solid phase and those who are in the solution of the soil and with it to determine the capacity of the soils for the supply of the minerals. The studied soils were: Luvisol, Gleysol and Vertisol. Samples took to 30 cm of depth and the isotherms were realized of sorción-desorción applying Freundlich's equation. For this, were added to the soils increasing solutions of 0-10, of 0-5 and of 0-6 mmol L⁻¹ of NO₃⁻, HPO₄²⁻ and K⁺ respectively using as sources the KNO₃, KH₂PO₄ and KCl. The difference of concentrations between the added and the obtained corresponded to the retained to the solid phase. Later the desorción was realized using a solution extractante of Chloride of Calcium 0.01 M. The results showed major affinity of K⁺ to the solid phase followed of HPO₄²⁻ and finally of NO₃⁻. The total of the NO₃⁻ incorporated recovered in the solution of the soil; the HPO₄²⁻ only the application of 5 mmol L⁻¹ they meet in the solution of the soil, finally for K⁺ the content in the solid phase was 10 times bigger than the present in the liquid phase.

Key words: Capacity of nutrients supply, Luvisol, Gleysol and Vertisol

Introducción

En Yucatán existe una gran diversidad de suelos y no obstante la importancia de este recurso para su uso agrícola, su estudio se ha limitado a su conocimiento físico y químico de manera muy general. El análisis sobre la disponibilidad de los nutrientes presentes en el suelo ha sido pobremente estudiado. Las dosis de fertilización generadas para la producción de cultivos han sido obtenidas principalmente a prueba de ensayo y error (Soria *et al.* 2002). Sin embargo, se desconoce si las dosis aplicadas son aprovechadas por el cultivo o son atrapadas por las partículas del suelo. Una de las características que debe evaluarse para conocer si el fertilizante aplicado al suelo permanece disponible para la planta es el coeficiente de partición (K_d). Este parámetro define la distribución del nutriente entre la fase sólida y líquida del suelo (Comerford, 1999) el cual puede ser determinado mediante la isoterma de adsorción y desorción. En este sentido, K_d está descrito por $\frac{C_s}{C_l}$ donde C_s es la concentración de iones (mmol Kg⁻¹) en la fase sólida en equilibrio con C_l que es la concentración de iones (mmol L⁻¹) en la fase líquida (Van Rees *et al.*, 1990). Freundlich (1907), fue uno de los que comprendió el papel de

la superficie del sólido y propuso el modelo matemático general de la isoterma para describir los procesos de adsorción-desorción (Davis *et al.*, 2003):

$$y = ax^{1/b}$$

donde y es la cantidad del nutriente adsorbido por el suelo (mg kg^{-1}); x es la concentración del nutriente en equilibrio en la solución (mg L^{-1}); a es la pendiente (el coeficiente de partición K_d) y b es el intercepto. Mientras mayor sea el valor de K_d es más probable que el mineral quede adsorbido por el suelo. El equilibrio existente entre los iones de la solución del suelo y del adsorbido por los coloides es reversible y el proceso de liberación y retención puede ocurrir simultáneamente. La cantidad de minerales adsorbidos en el suelo depende de varios factores entre los que se encuentra la cantidad de fertilizantes aplicados, por tal motivo el objetivo de este estudio fue aplicar diferentes dosis de NPK a tres suelos y evaluar la cantidad de estos nutrimentos que queda retenida en la fase sólida y la cantidad en la fase líquida disponible para los cultivos

Materiales y Métodos

Se colectaron muestras de tres tipos de suelos en la unidad agrícola José López Portillo, municipio de Muna, Yucatán, México ($20^{\circ}22'20.5''$ N y $89^{\circ}49'8.3''$ W) a una altura de 29 m sobre el nivel del mar. El muestreo de suelo se realizó en una superficie promedio de 500 m^2 ; en un recorrido en zig-zag hasta coleccionar un total de 40 submuestras de cada tipo de suelo. La profundidad de muestreo fue de 30 cm. Se realizó la caracterización del suelo siguiendo los métodos de la Norma Oficial Mexicana (PROY-NOM-021-RECNAT-2000) (Cuadro 1).

Para evaluar la adsorción en los suelos se siguió un método basado en el trabajo de Lozano *et al.* (1997) Para ello, se colocaron en tubos de centrifuga de 50 mL 2 g de suelo y se agregaron 30 mL de las soluciones en concentraciones crecientes de $0\text{-}10 \text{ mmol L}^{-1}$ de NO_3^- utilizando KNO_3 , de $0\text{-}5 \text{ mmol L}^{-1}$ de HPO_4^{2-} utilizando KH_2PO_4 y de $0\text{-}6 \text{ mmol L}^{-1}$ de K^+ utilizando KCl (Cuadro 2). Los tubos se agitaron durante 24 horas manteniendo una temperatura de 25°C ; posteriormente se centrifugaron durante 20 minutos a 3500 rpm y se filtraron separando la fase sólida de la fase líquida. En el filtrado se cuantificó el contenido de NO_3^- , HPO_4^{2-} y K^+ remanente en la solución. La diferencia entre lo adicionado y lo obtenido en las lecturas corresponde a lo adsorbido o retenido al suelo. Para la obtención de las isotermas de desorción, a la parte sólida proveniente de la isoterma de adsorción, se le añadieron 30 mL de una solución extractante de cloruro de calcio 0.01 M y se agitó por 24 horas a 170 rpm y 25°C , se centrifugó a 3500 rpm durante 20 minutos y posteriormente se filtró para determinar el contenido de NO_3^- , HPO_4^{2-} y K^+ .

Cuadro 1. Características de los suelos estudiados

Característica	Luvisol crómico	Gleysol vértico	Vertisol pélico
Arena (%)	28.55a	3.21b	11.22b
Limo (%)	5.33b	30.67 ^a	37.33 ^a
Arcilla (%)	66.12 ^a	66.12 ^a	51.45b
Clase Textural	Arcillosa	Arcillosa	Arcillosa-Limosa
Densidad aparente (g cm^3)	0.92a	0.80b	0.92a
CIC ($\text{meq } 100\text{g}^{-1}$)	23.45b	31.99a	29.53a
pH (1:2)	7.3a	6.4 b	6.2b
Materia orgánica (%)	2.58a	2.61a	2.60a
Nitrógeno total (%)	0.20a	0.14b	0.17ab
Fósforo extraíble (mg kg^{-1})	25.6b	11.5c	37.4a
K intercambiable (mg kg^{-1})	1.76a	0.89c	1.31b

Cuadro 2. Concentración de NO₃⁻, HPO₄²⁻ y K⁺ aplicado a tres suelos de Yucatán utilizando como fuente KNO₃, KH₂PO₄ y KCl

Identificación de las soluciones aplicadas	NO ₃ ⁻		HPO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)		K ⁺	
	a	b	a	b	a	b
S1	0		0		0	
S2	0.1		0.01		0.2	
S3	0.2		0.2		0.5	
S4	0.5		0.4		1	
S5	1.5		1		2	
S6	2.5		2		3	
S7	5		5		4	
S8	10		-		5	
S9	-		-		6	

Resultados y Discusión

La proporción de partículas de los suelos fueron, para Luvisol crómico, arcilla>arena>limo, por lo que su clase textural fue arcillosa; para el Gleysol vértico arcilla>limo>arena, siendo su clasificación textural arcillosa y para el Vertisol pélico arcilla>limo>arena, pero su clase textural fue arcilloso-limoso (Cuadro 1). Aun cuando los suelos Luvisol crómico y Gleysol vértico tuvieron una misma textura arcillosa, la proporción de sus partículas de arena y limo fueron diferentes haciendo esto una marcada diferencia en sus características de retención y liberación de nutrientes. De acuerdo a Rodríguez (1993), el nitrógeno total de los suelos fue de medianamente rico a medianamente pobre y los niveles de fósforo y potasio encontrados fueron altos; sin embargo estos contenidos no son los disponibles para las plantas ya que las plantas absorben los nutrientes presentes en la solución del suelo.

El coeficiente de partición (K_d) de los fertilizantes de NPK obtenido a través de los valores experimentales de adsorción-desorción ajustados según la ecuación de Freundlich ($y = ax^{1/b}$), mostraron altos coeficiente de determinación (R^2). De acuerdo a Henríquez (2005), el valor de (a), el cual se refiere a K_d , representa la cantidad adsorbida por el suelo cuando la concentración de minerales en la solución es igual a cero. En este sentido, una mayor cantidad de nitratos puede quedar adsorbida en un Gleysol vértico; mientras que en un Vertisol pélico los fosfatos son los que quedan más adsorbidos y el potasio en los suelos Luvisol crómico (Cuadro 3).

Cuadro 3. Ajuste de las isotermas de adsorción y desorción al modelo de Freundlich ($y = ax^{1/b}$).

Suelo	NO ₃ ⁻			HPO ₄ ²⁻			K ⁺		
	a	b	R ²	a	b	R ²	a	b	R ²
Luvisol crómico	6.9867c	0.2525	0.76	2.412 c	0.6331	0.92	18.808 a	0.4898	0.87
Gleysol vértico	8.8286a	0.1954	0.82	2.605 b	0.6618	0.94	16.394 b	16.394	0.4880
Vertisol pélico	7.6965b	0.2329	0.83	2.715 a	0.6721	0.84	16.098 c	0.6457	0.96

Las dosis probadas de nitratos (Figura 1) son recuperadas en la solución del suelo mostrando un comportamiento similar en los tres suelos. Los suelos aportan una cantidad importante a la solución del suelo al aplicar dosis bajas de NO₃⁻ (0-0.5 mmol L⁻¹), esta aportación va declinando conforme va aumentando la dosis aplicada (1.5-10 mmol L⁻¹). En el caso de los fosfatos, solamente cuando se aplican cantidades de 5 mmol L⁻¹ se mantiene en la solución cantidades de 3.4, 2.94 y 2.94 mmol L⁻¹ en los suelos Luvisol, Gleysol y Vertisol respectivamente. Con aplicaciones menores a 5 mmol L⁻¹ las concentraciones disponibles para las plantas son mínimas. De acuerdo a Wandruszka (2006) la adsorción y la precipitación son los principales mecanismos de retención de fósforo en los sistemas calcáreos, disminuyendo su disponibilidad aún con la aplicación de fertilizantes. Esto explica que dada la formación calcárea de estos suelos, la capacidad de retención de fósforo sea alta y requiera aplicaciones superiores a 5 mmol L⁻¹, ya que con esta concentración el porcentaje de retención fue del 36, 45 y 47% para los respectivos suelos.

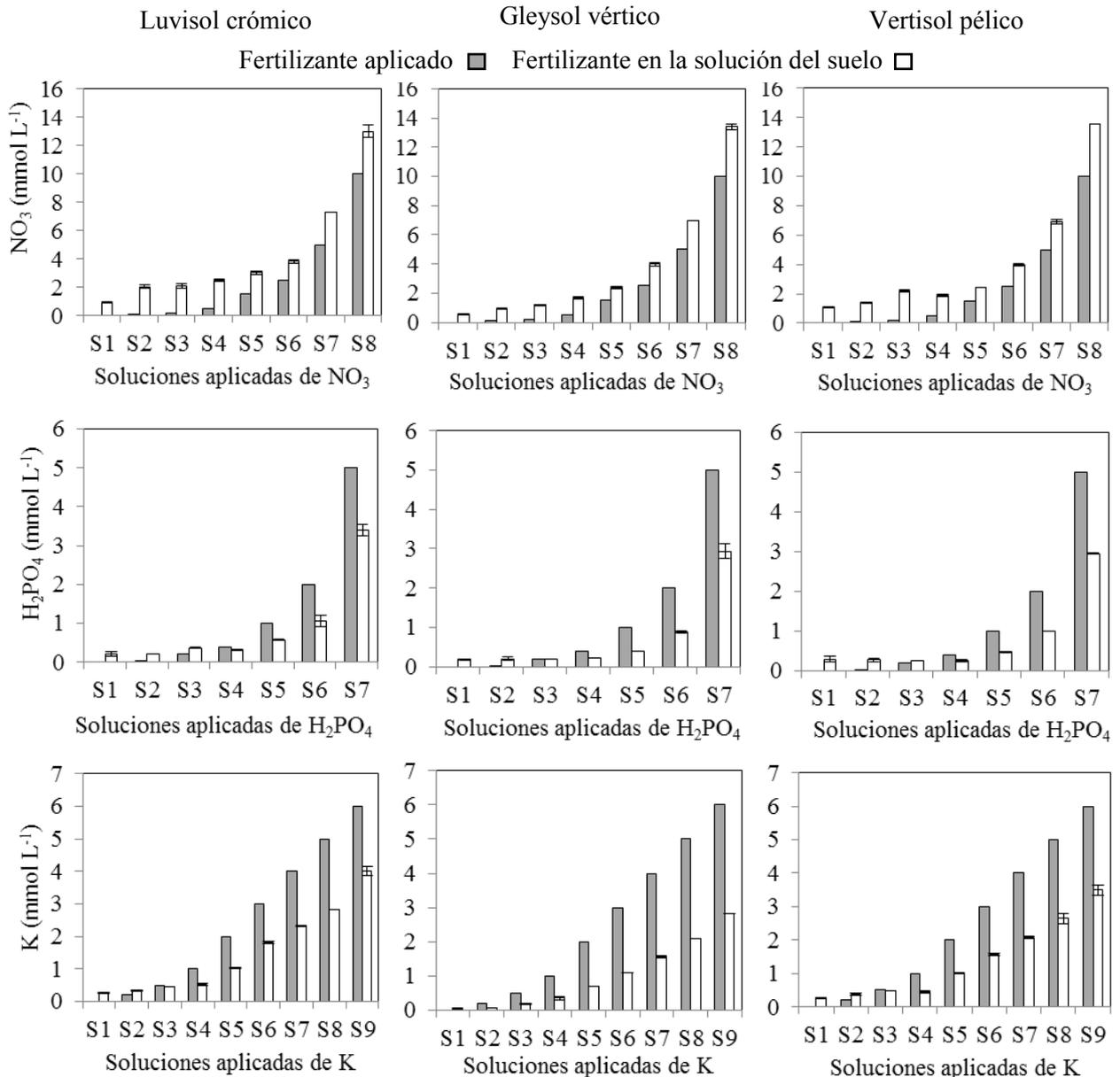


Figura 1. Contenido de NO_3^- , HPO_4^{2-} y K^+ en los suelos Luvisol crómico, Gleysol vértico y Vertisol pélico en respuesta a la adición de diferentes dosis de KNO_3 , KH_2PO_4 y KCl

Los resultados del comportamiento de K mostraron que aproximadamente el 50% del fertilizante aplicado se mantiene en la solución del suelo. Probablemente esto se deba a la presencia de arcillas que retienen el K en sus capas interlaminares (Barber, 1984). Los porcentajes de K que permanecieron en solución fueron: entre 38 y 70% en el Luvisol, entre 54 y 80% en el Gleysol y entre 45 y 80% Vertisol.

Conclusiones

Aún cuando los contenidos de NPK de los tres suelos son considerados medianos a ricos; su capacidad de suministro es limitada. De acuerdo a la distribución entre la fase sólida y líquida del suelo, las principales limitantes para el suelo Luvisol fueron el fósforo y el potasio y para los suelos Gleysol y Vertisol el nitrógeno. De mayor a menor, los requerimientos de los nutrientes en los suelos fueron para nitrógeno: Luvisol > Vertisol > Gleysol; para fósforo: Vertisol > Gleysol > Luvisol y para potasio: Gleysol > Vertisol > Luvisol

Literatura Citada

- Barber, S.A. 1984. Soil nutrient bioavailability. A mechanistic approach. John Wiley & Sons. New York. 398 p.
- Comeford, N.B. 1999. Mecanismos de captación de nutrimentos en ecosistemas forestales: de cómo interpretar la fertilidad en el contexto de la conservación de recursos genéticos. En: Ecofisiología vegetal y conservación de los recursos genéticos. Orellana, R., Escamilla, J.A. y Larqué, A. (eds.). Centro de investigación científica de Yucatán. Mérida, Yucatán. México. pp. 127-135.
- Davis, T.A., Volesky, B. and A. Mucc. 2003. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae. Water Research. 37: 4311-4330.
- Henríquez, C. 2005. Sorción y desorción de fósforo en un andisol de Costa Rica dedicado al cultivo del café, caña de azúcar y bosque. Agronomía Costaricense. 29:97-105.
- Lozano, A., Guzman, G., Ferucho, A. y A. Roja. 1997. Isotermas de adsorción de potasio en un Oxisol de los llanos orientales de Colombia. Revista Colombiana de Química 26: 17-27
- Norma Oficial Mexicana 021-SEMARNAT. 2000. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 23 de abril del 2003
- Soria, F.M., Tun, S.J., Trejo, R.A. y S.R. Terán. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*). SEP. DGTA. ITA-2 Conkal, Yuc, México.
- Van Rees K.C.J., Comerford N.B., and P.S.C.Rao 1990. Defining soil buffer power: implications for ion diffusion and nutrient uptake modeling. Soil Sci Am. J. 54: 1505-1507.
- Wandruszka, R.V. 2006. Retención de fósforo en suelos calcáreos y el efecto de la materia orgánica en su movilidad. Geochemical Transactions. 7:6-6

VARIACIÓN EN FÓSFORO DISPONIBLE EN SUELOS POR LA APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS

Veira Huerta Mariana², Cruz Montalvo Abel¹, Tamariz Flores Víctor¹, Romero Hernández Gaspar¹, Castelán Vega Rosalía¹

¹ Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. E-mail: abcruz@siu.buap.mx

² Facultad de Ingeniería Química, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Resumen.

La ciudad de Puebla genera cerca de 150 m³ diarios de biosólidos los cuales desde 2003 se han aplicado en suelos degradados ubicados cerca de la capital del estado. Sin embargo en ocasiones la aplicación del biosólido generado no es inmediata sino que pasan algunos meses antes de incorporarse a los terrenos agrícolas. El propósito del presente trabajo fue determinar el efecto del tiempo de almacenamiento y de diferentes dosis de biosólidos sobre la disponibilidad del P en el suelo. Con este fin se realizó un experimento de incubación, con biosólido preservado a dos diferentes tiempos, el cual consistió en pesar 50 g de suelo en frascos de plástico a los cuales se les adicionaron dosis de 0, 50, 100 y 200 t de biosólidos /ha. Se establecieron cinco repeticiones de cada tratamiento y se realizaron análisis del P disponible (Bray-I) a las 4 y 8 semanas de establecida la incubación. Los resultados muestran diferencia estadística significativa para P disponible tanto para las dosis empleadas de biosólidos como para los tiempos de incubación, a excepción de los tratamientos de la dosis inicial. Las pruebas de comparación múltiple de medias mostraron diferencias significativas salvo para las dosis de 100 y 200 en los dos periodos de incubación. Es recomendable realizar el experimento aumentando el tiempo de incubación con el fin de determinar la cantidad máxima de P disponible que se alcanza con estas dosis de biosólidos. Por otra parte, el fraccionamiento del P en estos suelos puede ayudar a entender la diferencia en los valores de P obtenidos debido al tiempo de almacenamiento del biosólido.

Palabras clave: Biosólidos, Fósforo disponible

Abstract.

In Puebla city are being daily produced about 150 m³ of biosolids. Since 2003 year these material have been applied in degraded soils located near of the city. However, for different reasons, biosolids have to be confined in the water treatment plants for several months before its application in agricultural soils. The purpose of this work was to determine the effect of confinement time and also the effect of four doses of biosolids in the availability of soil phosphorus. Therefore it was made an incubation experiment which consisted in add to 50 soil g, kept in plastic recipients, equivalent doses to 0, 50, 100, and 200 t biosolids/ha. For the first incubation the biosolid was confined for 6 months, for the second incubation the biosolid was applied after its drying. It was made 5 repetitions of each treatment. After 4 and 8 weeks of starting incubation the available phosphorus (Bray-I) was determined. The results show statistically significant difference for P available for both the doses of biosolids and to the incubation times, except for treatments of the initial dose. Evidence of multiple comparison of means showed significant differences except for doses of 100 and 200 in the two incubation periods. It is recommended to make the experiment by increasing the incubation time to determine the maximum amount of available P that can be achieved with these doses of biosolids. Moreover, the fractionation of P in these soils may help explain the difference in the P values obtained due to the biosolids storage time.

Key words: Biosolids, available phosphorus

Introducción

Como resultado del tratamiento de 3600 m³ de agua residual, la ciudad de Puebla genera cerca de 150 m³ diarios de biosólidos que se producen en las 5 plantas tratadoras de aguas residuales actualmente existentes (SOAPAP, 2011). Desde el año 2003 se han aplicado biosólidos en suelos degradados ubicados en la región central del estado de Puebla, sin embargo, en algunas ocasiones la disposición del biosólido no es inmediata sino que, por diferentes razones, deben quedarse en confinamiento en las

plantas tratadoras por más de tres meses. La aplicación de estos materiales en suelos agrícolas puede constituir una fuente importante de fósforo (P) debido a que del 70 al 90% de este elemento en los biosólidos se encuentra en forma inorgánica (Chang *et al.*, 1983; Hue, 1995). Sin embargo, las dosis aplicadas de los biosólidos se calculan generalmente en base al requerimiento de nitrógeno de los cultivos lo que resulta en un exceso en la cantidad de P que reciben los suelos (Katar *et al.*, 2002; O'Connor *et al.*, 2004). Además de que el P es un elemento poco móvil en los suelos puede causar efectos ambientales y agronómicos perjudiciales, tales como su contribución a la eutrofización de las aguas (Smil, 2000; Shoher y Sims, 2003) o la inducción de la deficiencia de zinc y de cobre en las plantas (Sukkariyah *et al.*, 2007). Aunque la cantidad de P en los suelos no es tan elevada como la del nitrógeno o la del potasio su concentración en los suelos superficiales varía del 0.02 al 0.1% (Tisdale *et al.*, 1993), sin embargo la cantidad de P total en los suelos tiene muy poca relación con la disponibilidad del P para las plantas. En el caso de los biosólidos, el contenido y disponibilidad del P es muy variable y depende principalmente del origen y tipo de tratamiento de las aguas residuales (Siddique *et al.*, 2000). Por lo tanto, se requiere evaluar la disponibilidad y movilidad del P en los suelos tratados con este tipo de materiales. En este sentido, el propósito del presente trabajo fue determinar el efecto del tiempo de almacenamiento y de diferentes dosis de biosólidos sobre la disponibilidad del P en el suelo.

Materiales y Métodos.

Antes del establecimiento del experimento se realizó una evaluación de los biosólidos con el fin de determinar que no entran en la categoría de residuos peligrosos de acuerdo a la normativa mexicana (análisis CRETIB); los biosólidos utilizados en el experimento provinieron de la planta de tratamiento de agua localizada en la zona de la Angelópolis de la ciudad de Puebla, la cual trata fundamentalmente aguas de zonas residenciales urbanas. El suelo utilizado en el experimento corresponde a un Inceptisol, el cual también se caracterizó para conocer sus propiedades fisicoquímicas por medio de los métodos establecidos en la norma oficial mexicana NOM-021- RECNAT-2000 (2001). El experimento de incubación consistió en pesar 50 g de suelo en frascos de plástico a los cuales se les adicionaron diferentes cantidades de biosólidos (dosis de 0 (s), 50 (s1), 100 (s2) y 200 (s3) toneladas de biosólidos/ha, en base seca. Para la primera incubación el biosólido se almacenó durante 6 meses, mientras que para la segunda incubación el biosólido se aplicó inmediatamente después de haberse secado. Los frascos se mantuvieron a una humedad de capacidad de campo y perfectamente tapados para reducir la pérdida de humedad a una temperatura constante de 25° C. Se establecieron cinco repeticiones de cada tratamiento y se realizaron análisis del P disponible (Bray-I) a las 4 y 8 semanas de establecida la incubación.

Resultados y Discusión.

En la tabla 1 se muestran algunas de las características fisicoquímicas de los biosólidos utilizados.

Tabla 1. Características fisicoquímicas del biosólido

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
pH 1:2 suelo:agua	7.2	Cadmio ppm	8
Cond. eléctrica dS/m	3.9	Cobre ppm	120
Materia orgánica %	41.6	Níquel ppm	78
Materia seca %	39	Plomo ppm	92
Nitrógeno total %	2.9	Zinc ppm	295
Fósforo disp. ppm	27	Cromo ppm	2
Potasio interc. ppm	1010	Hierro ppm	2893
Calcio interc. ppm	185	Manganeso ppm	191
Magnesio interc. ppm	135	Azufre ppm	456

En la tabla 2 se muestran los resultados del promedio de P disponible para las dosis de biosólidos utilizadas.

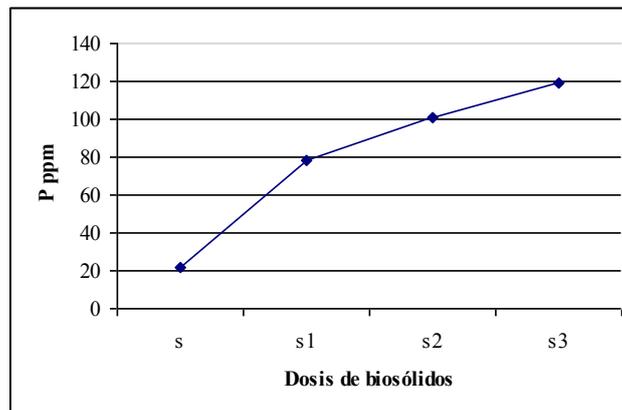
Tabla 2. Promedio de P disponible (Bray I)

Dosis	Prom 1a Inc. (ppm)	Prom. 2a Inc. (ppm)
s	21.4	20.4
s1	78.2	191.4
s2	101	645
s3	118.9	760.8

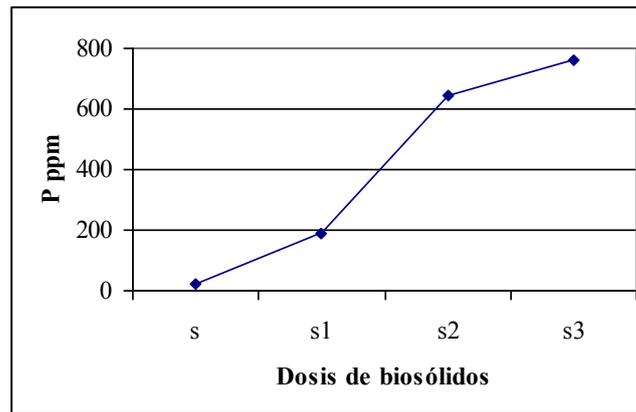
Los datos para la dosis s (sin biosólidos) muestran un comportamiento casi constante en la cantidad de fósforo disponible. Al aumentar la cantidad de biosólidos se aprecia un incremento notable en la cantidad de P. En el caso de la primera incubación el incremento es de alrededor de 5.5 veces la cantidad inicial de P, mientras que para la segunda incubación el incremento es de alrededor de 37.3 veces la dosis inicial de P.

En la gráfica 1 se muestra la tendencia en el incremento en P disponible para el caso de la primera incubación, esto es a las 4 semanas de iniciado el experimento.

La tendencia en el incremento de P disponible para la segunda incubación se muestra en la gráfica 2. Es notable el incremento de P para las dosis utilizadas con biosólidos. En el caso de la dosis s1 (50 t/ha de biosólidos) el incremento entre la primera y segunda incubación es de 2.4 veces; para la dosis s2 (100 t) el incremento es de casi 6.4 veces, finalmente para la dosis s3 el incremento es muy similar, casi 6.4 veces.

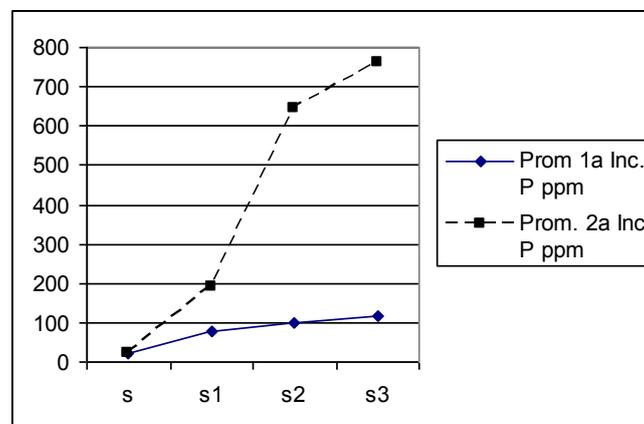
**Gráfica 1. P disponible para las diferentes dosis de biosólidos (1a Inc.)**

Los resultados muestran diferencia estadística significativa para P disponible tanto para las dosis empleadas de biosólidos como para los tiempos de incubación, a excepción de los tratamientos de la dosis s. Las pruebas de comparación múltiple de medias mostraron diferencias significativas entre todos los niveles de los tratamientos salvo para las dosis de 100 y 200 ton de biosólidos en los dos períodos de incubación. Las interacciones de todos los tratamientos a mayor tiempo de incubación resultaron significativas. El tiempo de almacenamiento del biosólido parece influir en la disponibilidad de P, el biosólido más reciente aumentó la cantidad de P en forma significativa en todas las dosis empleadas. Es recomendable realizar el experimento aumentando el tiempo de incubación con el fin de determinar la cantidad máxima de P disponible que se alcanza con estas dosis de biosólidos y ser capaces de realizar las recomendaciones de aplicación de los biosólidos en base a este elemento. Por otra parte, el fraccionamiento del P en estos suelos puede ayudar a entender la diferencia en los valores de P obtenidos debido al tiempo de almacenamiento del biosólido.



Gráfica 2. P disponible para las diferentes dosis de biosólidos (2a Inc.)

En la gráfica 3 se observa la comparación en la tendencia en el incremento del P disponible a fin de resaltar el fuerte aumento en P a las 8 semanas de iniciada la incubación.



Gráfica 3. Comparación en el incremento del P disponible

Conclusiones.

El estudio realizado permite establecer que existen diferencias estadísticas significativas en la cantidad de P disponible tanto por el tiempo de almacenamiento del biosólido como por las dosis usadas en el experimento de incubación. Será de gran utilidad realizar la determinación del fraccionamiento del P para establecer las diferencias en la cantidad de P debido al tiempo de preservación del biosólido.

Literatura Citada.

- Akhtar, M., McCallister, D.L., Eskridge, K.M. 2002. Availability and fractionation of phosphorus in sewage sludge-amended soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 33:2057-2068.
- Chang, A.C., Page, A.L., Sutherland, F.H., Grgurevic, E. 1983. Fractionation of phosphorus in sludge affected soils. *J. Environ. Qual.* 12:286-290
- Hue, N.V. 1995. Sewage Sludge. En Rechcigl, J.E. (ed) *Soil Amendments and Environmental Quality*. pp 199-247. CRC Press.
- NOM-021-RECNAT-2000. 2001. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. México, Diario Oficial de la Federación.
- O'Connor, G.A., Sarkar, D., Brinton, S.D., Elliott, H.A., F.G. 2004. Phytoavailability of Biosolids Phosphorus. *J. Environ Qual.* 33:703-712
- Smil, V. 2000. Phosphorus in the environment: Natural flows and human interferences. *Annu. Rev. Energy Environ.* 25:53-88
- Shober, A.L., and J.T. Sims. 2003. Phosphorus restrictions for land application of biosolids: Current status and future trends. *J. Environ. Qual.* 32:1955-1964

- Siddique, M.T, Robinson, J.S, Alloway, B.J. 2000. Phosphorus reactions and leaching potential in soils amended with sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 29:1931-1938.
- Sistema Operador de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SOAPAP). 2011. Boletín Informativo 2/2011. *comunicacionsocial.puebla.gob.mx/system/file.php?id=2691&cmd*
- Sukkariyah, B., Evanylo, G., Zelazny, L. 2007. Distribution of copper, zinc, and phosphorus in Coastal Plain soils receiving repeated liquid biosolids applications. *J. Environ. Qual.* 36:1618-1626
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L, Beaton, J.D., Havlin, J.L. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers*, 5th ed. Prentice Hall, 304-363.

CALIBRACIÓN DEL ÍNDICE FÓSFORO PARA LA REGIÓN ALTOS DE JALISCO, MÉXICO

Flores-López, Hugo Ernesto¹, Figueroa Viramontes, Uriel², De La Mora Orozco, Celia¹

¹ Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. E-mail: flores.hugo@inifap.gob.mx

² Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

Resumen

La alta concentración de ganado en los Altos de Jalisco ha generado problemas ambientales, como eutrofización de los cuerpos de agua superficial, con el fósforo (P) como nutriente limitante. Una opción de solución es la evaluación del riesgo cuando se aplican estiércoles o fertilizantes con P, mediante el Índice de Fósforo (IP). El objetivo del presente trabajo fue calibrar el IP en terrenos de maíz y pastoreo de la lechería familiar de los Altos de Jalisco. El estudio se realizó en el Campo Experimental Centro Altos de Jalisco de INIFAP, en Tepatitlán, Jalisco. Se utilizó el IP propuesto por Gburek *et al.* (2000), el cual considera dos características básicas: 1) las dependientes del transporte de P en el sitio y 2) las características de la fuente de P en el sitio. Estas características se parametrizaron con lotes de escurrimiento y midiendo la pérdida de suelo, escurrimiento y fósforo durante el temporal del 2009. Se calculó el IP y se determinó el nivel de vulnerabilidad del sitio a la pérdida de P. Con análisis de regresión se determinó la pérdida de P asociada IP. Los resultados mostraron que IP más bajo (2.3) se observó en el pasto con rajas de estiércol y el más alto en maíz con estiércol de bovino y gallinaza (6.4), calificados con riesgo bajo y medio, respectivamente; en estos mismos tratamientos se tuvo la menor y mayor pérdida de P. El modelo potencial, $y=ax^b$, fue el que mejor representó relación del IP con la pérdida de P.

Palabras clave: maíz, lechería familiar, eutrofización.

Abstract

The high concentration of livestock in Los Altos de Jalisco has led to environmental problems such as eutrophication of bodies of surface water with phosphorus (P) as a limiting nutrient. A choice of solution is the risk assessment when apply manure or fertilizer with P, using the Phosphorus Index (IP). The objective of this work was calibrating the IP with corn crop and grazing fields of Los Altos de Jalisco. The study was conducted in the Research Station Centro Altos Jalisco of INIFAP in Tepatitlán, Jalisco. Used the IP proposed by Gburek *et al.* (2000), which considers two basic features: 1) dependent on the transport of P on the site and 2) the characteristics of the source of P on the site. These characteristics were parameterized with field plots measuring soil losses, runoff and P in runoff during the rainfall of 2009. The IP was calculated and found the level of vulnerability of the site to losses of P. With regression analysis identified IP associated to P loss. The results showed that lower IP (2.3) was observed in the grass with slices of manure and the highest IP in maize with cattle manure and broiler manure (6.4), qualified with low risk and a half, respectively. These same treatments had the lesser and greater loss of P. The potential model, $y=ax^b$, was that better represented IP relation to the loss of p.

Key Words: corn, dairy farm, eutrophication.

Introducción

La región de los Altos de Jalisco es la segunda cuenca lechera de México que produce más del 17% de la leche en el país, con un inventario ganadero de 189,184 cabezas de bovinos leche y 105,700 cabezas de bovinos de carne, pero además concentra más de 73 millones de aves de postura y casi un millón 400 mil cerdos (SIAP, 2009), los cuales generan más de 4.34 millones de toneladas anuales de estiércoles. Este recurso tiene alto potencial para utilizarse como abono orgánico en terrenos agrícolas y áreas de pastoreo de establos lecheros, pero desafortunadamente su uso no ha sido el más adecuado y el resultado son problemas ambientales (FAO, 2003), como eutrofización de los cuerpos de agua superficial (Flores *et al.*, 2009; Sharpley y Moyer, 2000). Una solución al problema anterior es tomar acciones de prevención, mediante una mejor planeación del uso de los recursos naturales. El Índice de

Fósforo (IP) es una herramienta de planeación para ser utilizada por los tomadores de decisión, técnicos, asesores y agricultores, que permite evaluar el riesgo que existe cuando el fósforo es aplicado en terrenos agrícolas o es dejado en campo durante el pastoreo del ganado, para después este se desplace hacia un cuerpo de agua (Gburek *et al.*, 2000). El IP también puede usarse para identificar los parámetros críticos de suelo, topografía y manejo que más influyen en el movimiento de los contaminantes que contienen fósforo; con estos parámetros el IP puede ayudar a seleccionar las alternativas de manejo con el cual se determine el impacto potencial y las opciones con las que se reduzca el riesgo que llega a los cuerpos de agua superficial significativamente. Esta es la razón que el IP forme parte del proceso de planificación que tiene lugar entre el Planificador de tierra y el uso de los recursos naturales, como la tierra y el agua. Por esta razón, el IP debe adaptarse y calibrarse a las condiciones locales mediante la evaluación de los procesos asociados que cuantifiquen los parámetros característicos de disponibilidad en el sitio y el proceso de transporte hacia los cuerpos de agua. Después de que el IP está adaptado a una localidad, debe ser validado en una zona para asegurar que las evaluaciones están dando resultados válidos y razonables. El objetivo del presente trabajo fue calibrar y adaptar el Índice de Fósforo a los sistemas de producción de maíz y aéreas de pastoreo de la lechería familiar de los Altos de Jalisco.

Materiales y métodos

Localización y características del área donde se desarrollo el estudio

El estudio se realizó en los terrenos del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco (CECEAJAL), del INIFAP, que se localiza en el municipio de Tepatitlán, Jalisco. La lluvia anual promedio es de 869 mm y las temperaturas máxima, mínima y media promedio anuales son 25.7, 7.7 y 16.7 °C, respectivamente. El suelo del CECEAJAL se clasifica como mezcla fina isotérmica, Udic Rhodustalf (INEGI, 1994). La pendiente del terreno es de 2.1 %. Se utilizó el Índice de Fósforo (IP) propuesto por Gburek *et al.* (2000), mostrado en el Cuadro 1. El IP considera dos características básicas: 1) las dependientes del transporte de P en el sitio y 2) las características de la fuente de P en el sitio.

Característica del transporte de P en el sitio

La erosión hídrica y escurrimiento superficial. Se midieron en cada evento de lluvia en los tratamientos indicados en el Cuadro 2. En estas áreas de drenaje y lotes de escurrimiento (LE) con la cobertura vegetal de pasto y maíz, con la aplicación de estiércol de bovino y gallinaza, se obtuvieron los parámetros del número de curva (CN, por sus siglas en inglés), mediante las siguientes funciones

(Jasso *et al.*, 1999): $s = 5 \cdot \left(p + 2 \cdot Q - \sqrt{4 \cdot Q^2 + 5 \cdot p \cdot Q} \right)$ y $CN = \frac{25400}{s + 254}$; donde Q es el

escurrimiento superficial (mm); p es la lluvia (mm) y s es un parámetro de retención de humedad del suelo (mm). El valor de CN y la pendiente del terreno (2.1%), determinó la clase de escurrimiento. Para cada evento de lluvia se analizó el agua que escurrió y se determinó el contenido de fósforo total e inorgánico (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Característica de la fuente de P en el sitio

Para cada LE se hizo un análisis del contenido de P en el suelo con el método Bray 1. La tasa de aplicación de fertilizante químico que se aplicó al maíz fue de 160-69-00. El método de aplicación de fertilizante químico fue incorporado al momento de la siembra a una profundidad mayor de 5 cm. El P orgánico procedió de la aplicación de estiércol de bovino y gallinaza los LE a una tasa que se indica en el Cuadro 2. El contenido de P en el estiércol de bovino fue de 1,490 ppm y gallinaza de 1,661.67 ppm. Para el método de aplicación de los estiércoles (P orgánico), se consideraron dos situaciones; en la primera se aplicó el estiércol en maíz incorporándolo al momento de la labranza del suelo y en la segunda situación no se incorporó, solo se depositó en la superficie del suelo. El cálculo del Índice de Fosforo (IP) integra las características de transporte en el sitio y de la fuente de sitio, en la expresión:

$$IP = (EROSIÓN \times POND) \times (ESCURRIMIENTO \times POND) \times (DISTANCLIA) \times POND \times \{ (Características Fuente \times POND) \}$$

De acuerdo con el IP calculado, se identifica la vulnerabilidad del sitio a la pérdida de P, el cual se interpreta con el cuadro siguiente:

IP	Vulnerabilidad del sitio a la pérdida de P
< 5	Bajo
5 - 9	Medio
9 - 22	Alto
> 22	Muy Alto

Cuadro 1. Índice de Fósforo Modificado (PIM) para evaluar la vulnerabilidad del sitio a la pérdida de P (Gburek et al., 2000).

CARACTERÍSTICA DEL TRANSPORTE EN EL SITIO	FACTOR DE PONDERACIÓN	TASA DE PÉRDIDA DE FÓSFORO (Valor)				
		NINGUNO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
		(0.6)	(0.7)	(0.8)	(0.9)	(1.0)
EROSIÓN HÍDRICA	1.5	No aplica	< 10 t/ha	10-20 t/ha	20-30 t/ha	> 30 t/ha
ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	0.5	Despreciable (N)	Muy bajo o bajo (L o LV)	Medio (M)	Alto (H)	Muy alto (HV)
PERIODO DE RETORNO/DISTANCIA	1.0	NINGUNO (0.2) > 10 años > 170 m	BAJO (0.4) 6-10 años 130-170 m	MEDIO (0.6) 3-5 años 80-130 m	ALTO (0.8) 1-2 años 30-80 m	MUY ALTO (1.0) < 1 años < 30 m

CARACTERÍSTICA DE LA FUENTE DE SITIO	FACTOR DE PONDERACIÓN	TASA DE PÉRDIDA DE FÓSFORO (Valor)				
		NINGUNO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
		(0)	(1)	(2)	(4)	(8)
ANÁLISIS DE P (BRAY 1)	1.0	No aplica	Bajo	Medio	Alto	Excesivo
TASA DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE	0.75	No aplica	1-15 kg P/ha	16-45 kg P/ha	46-75 kg P/ha	> 76 kg P/ha
MÉTODO DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE	0.5	No aplica	Profundidad mayor a 5 cm	Incorporado antes de la siembra	Incorporado > 3 meses antes de la siembra o aplicado en la superficie < 3 meses antes de la siembra	Aplicado en la superficie > 3 meses antes de la siembra
TASA DE APLICACIÓN DE P ORGÁNICO	1	No aplicado	1-15 kg P/ha	16-30 kg P/ha	31-45 kg P/ha	> 46 kg P/ha
MÉTODO DE APLICACIÓN DE P ORGÁNICO	1	Ninguno	Inyectado a mas de 5 cm de profundidad	Incorporado inmediatamente antes de la siembra	Incorporado > 3 meses antes de la siembra o aplicado en la superficie < 3 meses antes de la siembra	Aplicado en la superficie > 3 meses antes de la siembra

Cuadro 2. Dosis y métodos de aplicación de fuentes de fósforo en los diferentes tratamientos utilizados en la calibración del Índice de Fósforo.

TRATAMIENTOS	DOSIS DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA (ESTIÉRCOL)	MÉTODO DE APLICACIÓN DEL ESTIÉRCOL
Pasto RB 50 m ²	Rajas de estiércol de bovino=15 kg	No incorporado, colocado sobre la superficie.
Maíz EB 50 m ²	Estiércol de bovino=150 kg	Incorporado al momento de la labranza.
Maíz G 50 m ²	Estiércol de gallina=100 kg	Incorporado al momento de la labranza.
Pasto RB 1 m ²	Rajas de estiércol de bovino=0.360 kg	No incorporado, colocado sobre la superficie.
Pasto RB 4 m ²	Rajas de estiércol de bovino=1.44 kg	No incorporado, colocado sobre la superficie.
Microcuenca pasto RB 6,000 m ²	Rajas de estiércol de bovino=1,800 kg	No incorporado, colocado sobre la superficie.
Microcuenca maíz G 6,000 m ²	Estiércol de gallina=3,000 kg	Incorporado al momento de la labranza.

El análisis de la información se realizó en la hoja de cálculo EXCEL, sustituyendo la información requerida por el IP. Se aplicó un análisis de regresión para asociar el IP con la pérdida de fósforo total, orgánico e inorgánico.

Resultados y Discusión

Característica del transporte de P en el sitio

La lluvia de junio a diciembre de 2009 fue de 986.7 mm, pero solo 854.4 mm tuvieron escurrimiento. El Cuadro 3 muestra el escurrimiento superficial, la pérdida de suelo y el número de curva (CN), para cada tratamiento. En el maíz con gallinaza y estiércol de bovino ocurrió la mayor lámina de escurrimiento y menor en la microcuena con pasto, con un comportamiento similar en la pérdida de suelo y CN.

Cuadro 3. Cantidad de tormentas con escurrimiento, el escurrimiento superficial, pérdida de suelo y el número de curva (CN), para cada lote de escurrimiento durante el 2009.

LOTE DE ESCURRIMIENTO*	ESCURRIMIENTO (mm)	PÉRDIDA DE SUELO (kg/ha)	CN
Pasto 50 m ²	23.7	162.7	73
Maíz EB 50 m ²	189.5	4,612.4	88
Maíz G 50 m ²	144.4	4,403.4	86
Pasto 1 m ²	40.3	596.0	73
Pasto 4 m ²	24.0	154.1	74
Microcuena pasto EB	8.3	48.2	69
Microcuena maíz G	31.9	182.5	80

* EB=Estiércol de bovino, G=Gallinaza

Con base en la información de pérdida de suelo y CN mostrada en el Cuadro 3, se determinó el factor de ponderación para las características del transporte de P en el sitio, con resultado mostrado en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Ponderación para las características del transporte de P en el sitio, para cada lote de escurrimiento durante el 2009.

LOTE DE ESCURRIMIENTO*	DISTANCIA		ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL		EROSION HIDRICA	
	(m)	PONDERACIÓN	CN	PONDERACIÓN	(ton/ha)	PONDERACIÓN
Pasto 50 m ²	25	1.0	73 (M)	0.8	0.163	0.7
Maíz EB 50 m ²	25	1.0	88 (H)	0.9	4.612	0.7
Maíz G 50 m ²	25	1.0	86 (H)	0.9	4.403	0.7
Pasto 1 m ²	1	1.0	73 (M)	0.8	0.596	0.7
Pasto 4 m ²	2	1.0	74 (M)	0.8	0.154	0.7
Microcuena pasto EB	72	0.9	69 (L)	0.7	0.048	0.7
Microcuena maíz G	72	0.9	80 (H)	0.9	0.183	0.7

* EB=Estiércol de bovino, G=Gallinaza

Característica de la fuente de P en el sitio

De acuerdo con el análisis de P en el suelo (Bray 1), el contenido de P en el suelo de los lotes de escurrimiento y microcuena, fue de 46.99 y 25.92 mg/kg, respectivamente, a los que corresponden un valor de ponderación de 4 y 2, respectivamente. Los valores de la tasa y método de aplicación de fertilizante químico, y la ponderación correspondiente se muestran en el Cuadro 5.

Los valores de ponderación en los tratamientos con aplicación de estiércol de bovino en *rajas* e incorporado al suelo, además de gallinaza, se muestran en el Cuadro 6.

El valor del Índice de Fosforo para cada tratamiento estudiado y su interpretación que resultó al aplicar la fórmula de cálculo de IP, se muestran en el Cuadro 7.

La relación del IP con el contenido de P total, orgánico e inorgánico, contenidos en el escurrimiento mostraron la relación con el modelos potencial, $y=ax^b$, mostrados en el Cuadro 8.

Cuadro 5. Ponderación para la tasa de aplicación de fertilizante químico y método de aplicación de fertilizante químico para los tratamientos de los lotes de escurrimiento y microcuena.

LOTE DE ESCURRIMIENTO	TASA DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE		MÉTODO DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE	
	kg/ha	PONDERACIÓN	MÉTODO	PONDERACIÓN
Pasto 50 m ²	0	0	No aplica	0
Maíz EB 50 m ²	69	4	Profundidad > 5 cm	1
Maíz G 50 m ²	69	4	Profundidad > 5 cm	1
Pasto 1 m ²	0	0	No aplica	0
Pasto 4 m ²	0	0	No aplica	0
Microcuena pasto EB	0	0	No aplica	0
Microcuena maíz G	69	4	Profundidad > 5 cm	1

Cuadro 6. Ponderación para la tasa de aplicación de fertilizante orgánico y método de aplicación de fertilizante orgánico para los lotes de escurrimiento y microcuencas.

LOTE DE ESCURRIMIENTO	TASA DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO*			MÉTODO DE APLICACIÓN DE FERTILIZANTE ORGÁNICO	
	ESTIÉRCOL kg/ha	kg P/ha	PONDERACIÓN	MÉTODO APLICACION	PONDERACIÓN
Pasto EB 50 m ² (Rajas)	3,600	5.364	1	En superficie < 3 meses	4
Maíz EB 50 m ²	30,000	44.7	4	Incorporado antes siembra	2
Maíz G 50 m ²	20,000	33.23	4	Incorporado antes siembra	2
Pasto EB 1 m ² (Rajas)	3,600	5.364	1	En superficie < 3 meses	4
Pasto EB 4 m ² (Rajas)	3,600	5.364	1	En superficie < 3 meses	4
Microcuena pasto EB (Rajas)	3,600	5.364	1	En superficie < 3 meses	4
Microcuena maíz G	5,000	8.308	1	Incorporado antes siembra	2

*Contenido de P en estiércol de bovino: 1490.0 mg/kg. Contenido de P en gallinaza: 1661.67 mg/kg.

Cuadro7. Valor del Índice de Fosforo y su interpretación, que resultó al aplicar la fórmula de IP.

LOTE DE ESCURRIMIENTO	VALOR DEL INDICE DE FÓSFORO	INTERPRETACIÓN DEL RIESGO
Pasto 50 m ²	3.8	BAJO
Maíz EB 50 m ²	6.4	MEDIO
Maíz G 50 m ²	6.4	MEDIO
Pasto 1 m ²	3.8	BAJO
Pasto 4 m ²	3.8	BAJO
Microcuena pasto EB	2.3	BAJO
Microcuena maíz G	3.6	BAJO

Cuadro8. Modelos con la relación del Índice de Fósforo con la pérdida de fósforo total, fósforo inorgánico y fósforo orgánico, durante el 2009, en Tepatitlán Jalisco.

TRATAMIENTO	MODELO	R ²
Fósforo total	$y = 0.0128x^{3.7813}$	0.923
Fósforo inorgánico	$y = 0.0199x^{3.1784}$	0.968
Fósforo orgánico	$y = 0.0012x^{4.6463}$	0.845

Conclusiones

Es factible la utilización del Índice de Fósforo para el maíz y áreas de pastoreo asociados con la lechería familiar de la región Altos de Jalisco. Aunque se requiere trabajo adicional, los modelos IP vs fosforo, muestra un desempeño adecuado para su aplicación en los Altos de Jalisco.

Literatura citada

- APHA-AWWA-WPCF (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation). 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S. A. Madrid, España.
- FAO. 2003. Reporte de la Iniciativa de la Ganadería, el Medio Ambiente y el Desarrollo (LEAD) - Integración por Zonas de la Ganadería y de la Agricultura Especializadas (AWI) - Opciones para el Manejo de Efluentes de Granjas Porcícolas de la Zona Centro de México. Capítulo 4. Análisis espacial: participación de todas las especies pecuarias sobre el balance de nutrientes. Tomado de: <http://www.fao.org/wairdocs/LEAD/X6372S/x6372s05.htm#TopOfPage> Fecha de acceso: 10 de julio de 2010.
- Flores L., H.E., J. Ireta M., J.F. Pérez D., J.A Ruíz C. y P. Díaz M. 2009. Identificación de buenas prácticas agrícolas para reducir la degradación del suelo e incrementar la calidad del agua. INIFAP. CIRPAC. CE CENTRO ALTOS DE JALISCO. Libro científico núm. 1. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 159 pág.
- Gburek, W. J., A. N. Sharpley, A. L. Heathwaite, and G. J. Folmar. 2000. Phosphorus management at the watershed scale: A modification of the phosphorus index. *J. Environ. Qual.* 29:130-144.

¿ES EL FÓSFORO UN FACTOR LIMITANTE PARA EL CRECIMIENTO DE LOS ÁRBOLES EN SUELOS VOLCÁNICOS?

Galván-Tejada Nadeshda Cosette¹, Siebe Grabach Chistina¹

¹Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México.

E-mail: cosettenadia@gmail.com

Resumen

El fósforo (P) es un macronutriente esencial para las plantas, pero su disponibilidad para éstas disminuye al ser inmóvilizado en los suelos. Nosotros realizamos un fraccionamiento de P (P orgánico (Po), P no ocluido (P No Occ), P de apatita (P Ca), P ocluido (P Occ) y P disponible) por el método de Tiessen y Moir (1993), en muestras de siete sitios pertenecientes a una cronosecuencia de suelos volcánicos (0 a ~100,000 años de edad) del sector central de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), para determinar cómo evoluciona su disponibilidad en el tiempo. Se analizaron muestras a humedad de campo, secadas al aire y calcinadas para evaluar su efecto sobre la movilidad del P, tanto en horizontes Ah como en Bw. Y los resultados se compararon con el modelo de Walker y Syers (1976). Se pudo observar que la desecación de las muestras no influyó en la extracción de P, pero la quema permitió que se extrajera mayor cantidad de éste. La suma de las fracciones de P de las muestras disminuyó a lo largo de la cronosecuencia, como lo plantea el modelo de Walker y Syers (1976). Mostró que las fracciones que tuvieron más P corresponden principalmente a P Ca y P disponible hasta en los suelos más desarrollados (~100, 000 años), lo que nos llevó a pensar que al no estar inmóvilizado todo el P en estos suelos, este nutriente no limita el crecimiento de los árboles y que pueden existir otros factores que si lo sean.

Palabras Clave: *Fósforo, cronosecuencia, suelos volcánicos, Faja Volcánica Trasmexicana, Biodisponibilidad.*

Abstract

Phosphorus (P) is an essential macronutrient for plants, but its availability decreases due it is immobilized in soils. We performed a fractionation of P (organic P (Po), P non occluded (P No Occ), P from apatite (Ca P), P occluded (P Occ) and P available) by the method of Tiessen and Moir (1993), in samples from seven sites belonging to a chronosequence of volcanic soils (from 0 to 100,000 years) in the central sector of Mexican Volcanic Belt (MVB) to determine how its availability evolves in time. Samples were analyzed at field moisture, air dried and burned conditions to evaluate its effect on the mobility of P in both Ah horizons and Bw. Results were compared against Walker and Syers' (1976) model. It was observed that samples dried did not influence the extraction of P, but burned samples produced much P. The sum of P fractions of the samples decreased over the chronosequence, as suggested by Walker and Syers' (1976) model. It showed that most P fractions were mainly correspond to P Ca and P availability even in the more developed soils (100, 000 years), which led us to think that not being unmoving around the P in these soils, the nutrient does not limit the growth of trees and there may be other factors if they are.

Key words: *Phosphorus, chronosequence, volcanic soil, Mexican Volcanic Belt*

Introducción

El fósforo (P) es un macronutriente esencial para las plantas, pero su disponibilidad para éstas se ve afectada porque es relativamente inmóvil en los suelos. Particularmente en suelos de origen volcánico tiende a fijarse al ser adsorbido específicamente sobre superficies de minerales de bajo orden estructural o de óxidos de hierro y aluminio que se forman a durante la pedogénesis (Shoji, 1993). También es inmóvilizado temporalmente cuando es incorporado a la materia orgánica del suelo. Tanto la desecación de la superficie del suelo como la quema de la materia orgánica humificada pueden movilizar las fracciones de P al desestabilizar o destruir a las fracciones minerales u orgánicas a las que se encuentra asociado. Depósitos de tefras frescas pueden aportar P o modificar su biodisponibilidad (Shoji, 1993). En este trabajo se realizó un fraccionamiento de P (fósforo orgánico (Po), fósforo no ocluido (P No Occ), fósforo de los minerales primarios (P Ca) y fósforo ocluido (P Occ)) por el método de Tiessen y Moir (1993) y Hedley (1982), en muestras pertenecientes a una

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

cronosecuencia de suelos volcánicos del sector central de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) para determinar cómo evoluciona su disponibilidad a medida que transcurre el tiempo (Walker y Syers, 1976).

Material y Metodología

Se analizaron muestras tanto a humedad de campo, como secadas al aire o calcinadas para evaluar el efecto de estos tratamientos sobre la movilidad del fósforo. Se estudiaron muestras de horizontes Ah y Bw provenientes de los siguientes sitios: tefras del Paricutín (0 años), Paricutín (60 años), Popocatépetl (1,000 años), Guespalapa (2,185 años), Tlálóc (6,500 años), El Pelado (10,000 años), Las Trojes y Quinto Barrio (~100,000 años). La determinación de la concentración de P se llevó a cabo por Espectrometría de Emisión Óptica de Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES). Se hizo un análisis del P total por Fluorescencia de Rayos-X (FRX) de alícuotas independientes de las muestras para conocer la eficiencia de extracción del método. Los resultados se compararon con un modelo de evolución de las fracciones P en suelos establecido por Walker y Syers (1976).

Respecto a los análisis estadísticos, se observó el efecto de los tratamientos previos de las muestras (secado al aire y tratamiento térmico a 300°C en la mufla) con una regresión lineal, tanto en el horizonte Ah como en el horizonte Bw. Se calculó el nivel de significancia (p), de R^2 y de la pendiente de la regresión, considerándolos estadísticamente significativos si su valor es menor a 0.05.

Resultados y Discusión

La desecación de las muestras no influyó en la extracción de P, puesto que las concentraciones de P determinadas en las muestras que conservaron su humedad de campo presentan una buena correlación con aquellas determinadas en muestras desecadas tanto en horizontes Ah como en horizontes Bw ($R^2=0.91$ y 0.94). Así mismo las pendientes de los datos de los horizontes Ah y Bw son similares (0.91 y 0.99 respectivamente). Pero las regresiones lineales ajustadas a las concentraciones de P determinadas en los suelos secos y tratados térmicamente (quemadas a 300°C) presentaron una regresión lineal de $R^2=0.65$ y $R^2=0.93$ para los horizontes Ah y Bw, respectivamente.

La pendiente de la regresión ajustada a los datos de los horizontes Ah ($m = 0.125$) es mucho menor que la ajustada a los datos de horizontes Bw ($m = 1.89$). Lo anterior sugiere que en los horizontes Ah el tratamiento térmico conlleva a una mayor extracción de P, que en los horizontes Bw, principalmente en la fracción disponible, de suelos con edades intermedias (1,000-10,000 años).

La suma de las fracciones de P se ajusta con el modelo de Walker y Syers (1976) puesto que la concentración de P va disminuyendo hasta llegar a los suelos más desarrollados como las Trojes (100,000 años) donde la concentración es de 7 g/m^2 . Las fracciones que aumentaron más correspondieron principalmente al P asociado tanto a los minerales primarios como la apatita (14.5 g/m^2) como es el caso de Guespalapa (2,185 años de edad) a la fracción disponible donde se identificó que la mayor disponibilidad de P en la cronosecuencia se encuentra entre los 1,000 y 10,000 años para todos los tratamientos.

En estos suelos volcánicos al parecer el P no va a ser un factor limitante para el crecimiento de los árboles a diferencia de lo que se reporta en la literatura por otros autores (Crews *et al.*, 1995; Peña-Ramírez *et al.*, 2009), debido a que el P disponible extraído con la resina de intercambio iónico que libera los iones ortofosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$) de la solución del suelo y el NaHCO_3 que extrae la fracción inorgánica del P que simula la acción de las raíces (Tiessen y Moir, 1993) está presente hasta en suelos más desarrollados, como Quinto Barrio y Las Trojes, sin que los iones ortofosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^-/\text{HPO}_4^{2-}$) a esas edades se hallen inmovilizados por los microorganismos, adsorbidos por el alofano o precipitados por los óxidos de Fe y Al.

Conclusiones

Al comparar las muestras que se secaron al aire con las muestras que conservaron su humedad de campo, se observa que ambas tienen un comportamiento similar en todas las fracciones de P de la cronosecuencia, por lo que no existe cambio significativo en las fracciones. Pero cuando las muestras fueron expuestas a un tratamiento térmico a 300°C (quema), simulando un incendio forestal, el estudio mostró que existe un aumento de la cantidad de P extraíble como se esperaba, especialmente en las fracciones de P disponible y la fracción de P relacionada con los minerales primarios.

La suma de las muestras disminuyó a lo largo de la cronosecuencia, como lo plantea el modelo de Walker y Syers (1976). La fracción de P dominante en todas las muestras de la cronosecuencia, es la relacionada con minerales primarios tipo apatita (P Ca).

La mayor disponibilidad de P en la cronosecuencia se encuentra con edades intermedias (2,185 a 10,000 años). Pero también en los suelos más desarrollados como Las Trojes (~100, 000 años) hay P disponible, lo que nos llevó a pensar que al no estar inmovilizado todo el P en estos suelos, este nutriente no limita el crecimiento de los árboles y que pueden existir otros factores que si lo sean.

Literatura Citada

- Crews, T. E.; K. Kitayama, J. H. Fownes, R. H. Riley, D. A. Herbert, D. Mueller-Dombois, P. M. Vitousek. 1995. Changes in soil phosphorus fractions and ecosystem dynamic across a long chronosecuence in Hawaii. *Ecology*. 76(5): 1407-1424.
- Hedley, M. J., W.B. Stewart, B. S. Chauhan. 1982. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fractions induced by cultivation practices and by laboratory incubations. *Soil Science Society of American Journal*. 46: 970-976.
- Peña-Ramírez V. M., L. Vázquez-Selem, Ch. Siebe. 2009. Soil organic carbon stocks and forest productivity in volcanic ash soils of different age (1835–30,500 years B.P.) in Mexico. *Geoderma*. 149: 224–234.
- Shoji, S., M. Nanyo, R.A. Dahlgren. 1993. Volcanic ash soils-genesis, properties and utilization. *Developments in Soil Science* 21, Elsevier, Amsterdam. Pp 217-222.
- Siebe, C., L. Arana-Salinas and M. Abrams. 2005. Geology and radiocarbon ages of Tlaloc, Tlacotenco, Cuauhtzin, Hijo del Cuauhtzin, Teuhtli, and Ocusacayo monogenetic volcanoes in the central part of the Sierra Chichinautzin, Mexico. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 141(3-4): 225-243.
- Tiessen, H. and J. O. Moir, 1993. Characterization of available P by sequential extraction. M. R. Carter (Editor), *Soil sampling and methods of analysis*. Louis, Boca Raton, Florida, USA Pp 75-86.
- Walker, T. W. and J. K. Syers. 1976. The fate of phosphorus during pedogenesis. *Geoderma*. 15: 1-19.

MATERIA ORGÁNICA EN SUELOS DE LA SIERRA NORTE DE PUEBLA SEGÚN LA ACTIVIDAD AGRÍCOLA.

Tamaríz Flores, José Víctor¹, Linares Fleites, Gladys¹, Castelán Vega, Rosalía del Carmen¹ y Cruz Montalvo, Abel¹

¹Departamento de Investigaciones en Ciencias Agrícolas.
Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
E-mail: jose.tamariz@correo.buap.mx

Resumen

La Sierra Norte de Puebla, México, presenta serios problemas de degradación del suelo debido a malas prácticas de manejo en la agricultura. El objetivo de este trabajo es dar a conocer el estado actual de propiedades del suelo en esa región tomando el caso de la materia orgánica en suelo. La metodología consistió en seleccionar parcelas destinadas a diversas actividades agrícolas tomando como referencia el bosque primario, recolectándose muestras con las siguientes profundidades: 0-10 cm, de 10-20 cm y de 20-30 m. Se tomaron además, como covariables, la densidad aparente y el pH del suelo constándose la importante pérdida de materia orgánica en las parcelas dedicadas a pastizales, maíz, café sin sombra y con sombra e inclusive bosque secundario.

Palabras clave: *degradación de suelos, erosión y agricultura*

Abstract

Sierra Norte de Puebla, in Mexico, presents serious problems of soil degradation due to bad management practices in agriculture. The aim of this paper is to present the current status of soil properties in the region taking the case of organic matter in soil. The methodology was to select plots for various agricultural activities by reference to the primary forest, collecting samples with the following depths: 0-10 cm of 10-20 cm and 20-30 cm. Also were taken as covariates, the bulk density and pH of the soil. We can observe the important loss of organic matter in those parcels used for pasture, corn, coffee without shade and shadow and even secondary forest.

Keywords: *soil degradation, erosion and agriculture*

Introducción

La Sierra Norte de Puebla es un ecosistema que presenta una amplia extensión de suelos productivos (FAO, 1998), los cuales son profundos y con alto contenido de hierro y capacidad de retención de nutrientes aceptables. Debido a que muchas áreas de la zona han sido desmontadas para actividades agropecuarias, se han propiciado procesos erosivos e impactos negativos en sus propiedades fisicoquímicas y, por consiguiente, pérdida de productividad. (Castelán, *et al.*, 2011). El objetivo de este trabajo es estudiar el comportamiento de la materia orgánica según el tipo de actividad agrícola desarrollada, para que a partir de estos resultados se genere estrategias de trabajo encaminadas a detener la degradación de estos suelos.

Materiales y Métodos

El área de estudio se localiza al noroeste del estado de Puebla, dentro de las coordenadas geográficas de 19° 27' y 20° 30' de latitud norte y 97°00' y 98°20' de longitud oeste del meridiano de Greenwich. Abarca territorios de seis municipios de la Sierra Norte, a saber, Chila de Honey, Naupan, Huauchinango, Jalpan, Xicotepec y Zihuateutla.

En este estudio se seleccionaron parcelas con suelo destinados a diversas actividades agrícolas, como son café con sombra, café sin sombra, pastizal, maíz y bosque secundario, tomándose como referencia parcelas que conservan aún el bosque primario.

Se recolectaron las muestras con las siguientes profundidades: 0-10cm, de 10-20cm y de 20-30cm. Se determinó la densidad aparente y se evaluaron diversos parámetros fisicoquímicos del suelo a nivel de laboratorio, de los que tomamos en particular, la materia orgánica y el pH. Según la NOM-021-SEMARNAT-2000. Se desarrolló un modelo lineal general tomando como variable respuesta el porcentaje de materia orgánica, como factores el tipo de parcela y la profundidad de la muestra y como covariables la densidad aparente y el pH del suelo.

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestra el comportamiento promedio del porcentaje de Materia Orgánica según el tipo de actividad agrícola y la profundidad de las muestras estudiadas. El suelo de la parcela con pastizal presenta los valores más bajos, los cuales no superan el 4.1% en los primeros 10 cm; no obstante, este dato es considerado como medio alto (Aguilera, 1989) y se debe a que las raíces de los pastos se concentran en los primeros centímetros de profundidad del suelo. En los 20 y 30 cm restantes los valores no alcanzan el 0.05% de materia orgánica, puesto que es sabido que la cantidad de raíces disminuye gradualmente con el aumento de la profundidad del suelo. El suelo con café sin sombra muestra datos que no superan el 7% a la primera profundidad evaluada, y va disminuyendo paulatinamente hasta el 4.4% en la profundidad de 10 a 20 cm y 0.13% en el rango de los 20 a 30 cm.

El alto contenido de materia orgánica en los primeros 10 cm se debe a la aportación vegetal aérea; sin embargo, por tratarse de un monocultivo y por no haber contribución de otros árboles, este aporte es muy reducido (Etchevers *et al*, 2000). El suelo, bajo café con sombra reporta valores superiores al café sin sombra, ya que el porcentaje de materia orgánica en las tres profundidades es de 7.13%, 5.38% y 2.96% respectivamente. Estos valores nos indican que el establecimiento de un cultivo, en asociación con otros árboles favorece la aportación de materia orgánica. (Moguer y Toledo, 1996).

La parcela cultivada con maíz registra valores de 9.68% a 10 cm de profundidad, 8.87% a los 10-20 cm y 6.45% a los 20-30 cm. En el gráfico puede observarse que, en promedio, el porcentaje de materia orgánica en los suelos cultivados con maíz es superior al resto de los cultivos e inclusive al bosque secundario. La producción de biomasa aérea de la milpa y residuos de cosecha, constituyen un importante aporte de residuos vegetales, lo que contribuye a explicar este mayor contenido de materia orgánica en la parcela bajo maíz. (Castelán, *et al.*, 2011).

En los suelos de bosque secundario se registró un valor de 11.43% en la profundidad de 0-10cm, sin embargo, en las otras profundidades se reportaron los valores de 6.32% y 2.42%, en 10-20 cm y 20-30 cm respectivamente. La disminución de contenidos de materia orgánica en los suelos de bosques secundarios pudo deberse a que en el pasado éstos tuvieron un uso agrícola intenso y fueron abandonados debido a la degradación. (Castelán, *et al.*, 2011). Finalmente, el suelo con bosque primario es el que presentó los valores más altos en todas profundidades (25.81%, 25.01% y 18.82%, respectivamente).

El cuadro 1 muestra la salida del procedimiento denominado "Modelo Lineal General" del sistema estadístico MINITAB 14, conservándose el idioma inglés y la estructura dada por este sistema. La variable respuesta %Mat Org es explicada por los factores Parcela (con seis niveles), Profundidad (con tres niveles) y las covariables densidad aparente y pH.

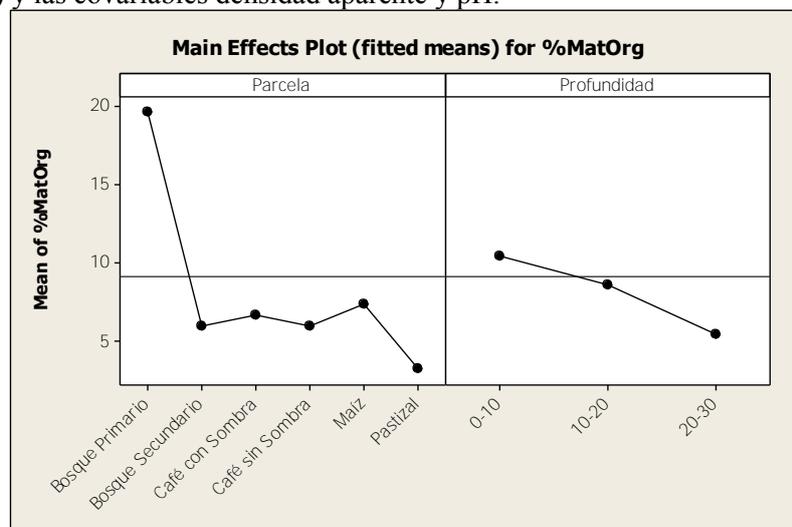


Figura 1. Comportamiento del porcentaje de Materia Orgánica promedio según el tipo de actividad agrícola y la profundidad de la muestra.

El coeficiente de determinación es de 99.02% y las pruebas F para los dos factores y la covariable densidad aparente son significativos al 5%. La covariable pH no es significativa, lo que sugiere la posibilidad de un modelo más simple que no la incluya. Un análisis de los valores de pH de estos suelos mostraron poca variabilidad: los más elevados se encontraron en los suelos bajo café con y sin sombra y pastizales, encontrándose dentro del rango óptimo para el crecimiento de la mayoría de los vegetales (pH de 6 a 7.5), los suelos bajo bosques secundario y bajo el cultivo del maíz fueron ligeramente más ácidos, no rebasando el valor de 6 y, finalmente, el suelo más ácido fue el correspondiente al bosque primario, con valores de pH no mayores de 4.9. Según los análisis de residuos (ver Figura 2), las suposiciones de normalidad y homogeneidad de varianza se cumplieron, por lo que el modelo obtenido puede considerarse satisfactorio.

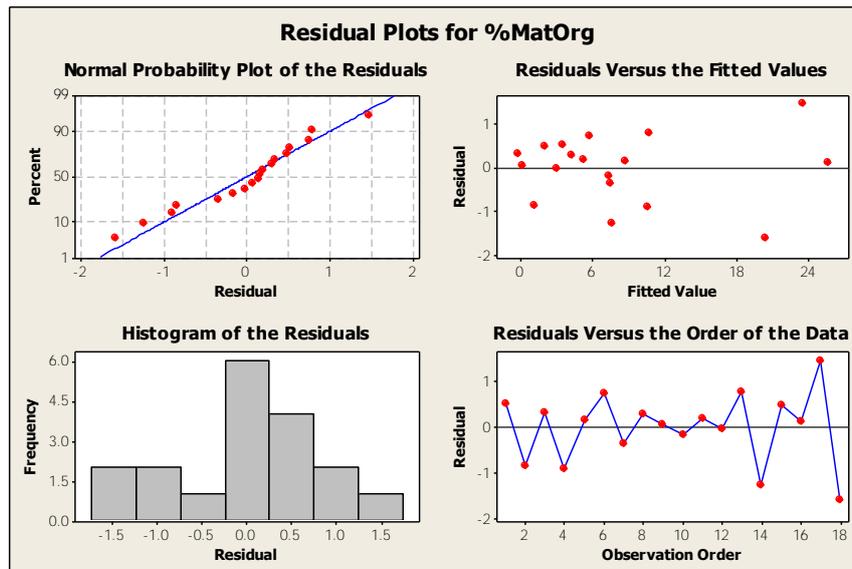


Figura 2. Gráficos de residuos para el porcentaje de materia orgánica.

Cuadro 1. Modelo Lineal General del porcentaje de materia orgánica (%MatOrg)

Factor	Tipo	Niveles	Valores
Parcela	fixed	6	Bosque Primario, Bosque Secundario, Café con Sombra, Café sin Sombra, Maíz, Pastizal
Profundidad	fixed	3	0-10, 10-20, 20-30

Analysis of Variance for %MatOrg

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Parcela	5	903.32	186.45	37.29	29.79	0.000
Profundidad	2	99.37	64.80	32.40	25.88	0.000
DensApar	1	10.18	6.72	6.72	5.37	0.049
pH	1	0.05	0.05	0.05	0.04	0.851
Error	8	10.01	10.01	1.25		
Total	17	1022.93				

S = 1.11887 R-Sq = 99.02% R-Sq(adj) = 97.92%

Term	Coef	SE Coef	T	P
Constant	12.758	8.357	1.53	0.165
DensApar	-8.213	3.544	-2.32	0.049
pH	0.332	1.711	0.19	0.851

Tukey 95.0% Simultaneous Confidence Intervals Response Variable %MatOrg

Parcela = Bosque Primario subtracted from:

Parcela	Lower	Center	Upper
Bosque Secundario	-19.30	-13.74	-8.193
Café con Sombra	-21.02	-13.03	-5.039
Café sin Sombra	-23.05	-13.67	-4.286
Maíz	-17.01	-12.27	-7.535
Pastizal	-24.96	-16.41	-7.866

Tukey Simultaneous Tests Response Variable %MatOrg

Parcela = Bosque Primario subtracted from:

Parcela	Difference of Means	SE of Difference	Adjusted T-Value	P-Value
Bosque Secundario	-13.74	1.518	-9.052	0.0002
Café con Sombra	-13.03	2.186	-5.961	0.0030
Café sin Sombra	-13.67	2.567	-5.326	0.0062
Maíz	-12.27	1.296	-9.471	0.0001
Pastizal	-16.41	2.338	-7.020	0.0010

En la parte inferior del Cuadro 1 se muestran los intervalos de confianza y las pruebas de hipótesis, según las comparaciones múltiples de Tukey, que corroboran que el porcentaje de Materia Orgánica ha disminuido significativamente ($\alpha < 0.01$) en todos los suelos con actividad agrícola, al compararlo con los suelos que conservan aún el bosque primario.

Conclusiones

Se ha encontrado una fuerte variación, con respecto a los suelos que conservan el bosque primario, en las concentraciones de la Materia Orgánica en los suelos con diferentes actividades agrícolas. La disminución de Materia Orgánica más importante se observó en las parcelas con pastizal debido a la compactación generada por el constante pisoteo del ganado. Después del pastizal, las parcelas que mostraron más grave afectación fueron el café con sombra y el café sin sombra. Estas variaciones afectan directamente la textura, respiración e infiltración del suelo. Las consecuencias inmediatas son una reducción en la fertilidad, en la agroproduktividad y, por ende, en la sostenibilidad de los ecosistemas.

Literatura Citada

- Aguilera, N. 1989, Tratado de Edafología de México. México D.F. 182pp.
- Castelán, V. R., J.V. Tamariz F., J.A. Ruíz C., A. Cruz M., G. Romero H., y V. Sánchez C. 2011. Modificaciones de las propiedades fisicoquímicas en los suelos de la Sierra Norte de Puebla. *En:*
- Rueda, R, *et al.* (Editores). *Medio Ambiente y Agricultura; nueva década*. Dirección de Fomento Editorial. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. ISBN: 978-607-487-282-8.
- Etchevers, B. J., Bautista, C. A. y Vergara, M.A. 2000. Calidad del suelo, indicadores de calidad y captura de carbono. Ecosistema.
- FAO.1998. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Ed. F.A.O. Roma
- MINITAB. Release 15. 2005. Statistical Sofyware. Minitab. Inc.
- Moguer, P. y Toledo, M.V. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. Ciencias. No.43. Julio-Septiembre, 40-55.

ACTIVIDAD ARILSULFATASA, AZUFRE DISPONIBLE EN SUELO Y TEJIDO FOLIAR EN AMBIENTES RIBEREÑOS EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA "LOS VOLCANES" Y SU ZONA DE INFLUENCIA

Castro Camaño Elizabeth¹, Mascot Gómez Ernesto², Cruz Flores Gerardo³
F.E.S. Zaragoza, U.N.A.M. [Email: ecologia_unam1604@hotmail.com](mailto:ecologia_unam1604@hotmail.com)

Resumen

La Reserva de la Biosfera —Los Volcanes” proporciona importantes servicios ambientales. A pesar de ser una región prioritaria, el suelo y los entornos ribereños, se han contaminado y están sometidos a procesos de origen antrópico que los degradan, perdiendo así su capacidad productiva. Un elemento esencial en estos sistemas es el S que para ser utilizado por las plantas es oxidado mediante acción microbiana y enzimática mediante las arilsulfatasas del suelo. El objetivo fue determinar si la actividad arilsulfatasa del suelo puede utilizarse como indicador de calidad en suelos ribereños. De acuerdo al tipo de uso del suelo a lo largo de los afluentes del río, en seis unidades de muestreo de ambientes ribereños, se tomaron ocho submuestras de 0 a 0,1 m para el análisis de la actividad enzimática (Tabatabai y Bremner, 1970), otras cuatro para caracterizar el suelo y determinar S-disponible mediante solución extractora. Se colectaron muestras foliares para determinar S foliar (por turbidimetría). Se encontró que la actividad enzimática se incrementa en relación con aumentos de MOS y % humedad del suelo y en suelos con mayor acidez. Las especies vegetales ribereñas tuvieron contenido foliar entre 0.01 y 0.05% encontrando que los valores más altos corresponden a especies indicadoras de perturbación (*Arbutus xalapensis*) y en *Pinus hartwegii* la menor concentración de S-foliar. Se encontró que la actividad arilsulfatasa de suelos ribereños de montaña adyacentes hasta 1m es menor que la encontrada en amplitudes de 5 m por lo que puede ser utilizada como índice de calidad.

Palabras clave: suelos forestales, bosques de coníferas, Parque Nacional Iztapopo.

Abstract

The Biosphere Reserve "Los Volcanes" provides important environmental services. Despite being a priority region, soil and coastal environments have been contaminated and are subject to anthropogenic processes that degrade, losing their productive capacity. An essential element in these systems is the S in order to be used by plants is oxidized by microbial action and arylsulfatase enzyme through the soil. The objective was to determine if soil arylsulfatase activity can be used as an indicator of quality in coastal soils. Depending on the type of land use along the river's tributaries, sampling units in six coastal environments, eight subsamples were taken from 0 to 0.1 m for the analysis of enzyme activity (Tabatabai and Bremner, 1970), four to characterize the soil and determine available through S-extracting solution. Leaf samples were collected to determine leaf S (by turbidimetry). It was found that enzyme activity increases relative to increases in MOS and soil moisture and soil more acidic. Riparian plant species had leaf content between 0.01 and 0.05 % finding that correspond to higher values of disturbance indicator species (*Arbutus xalapensis*) and *Pinus Hartwegii* the lowers concentration of S-leaves. We found that the arylsulfatase activity of soil adjacent coastal mountains up to 1m is less than that found in amplitudes of 5 m which can be used as quality index.

Keywords: forest soils coniferous forest, National Park Iztapopo

Introducción

La Reserva de la Biosfera —Los volcanes” tiene un importante valor biológico que se atribuye a la gran variedad de especies vegetales y animales presentes. Proporciona invaluable servicios hidrológicos por ser una de las zonas de captación de agua más importante en la cuenca del Valle de México. A pesar de ser un recurso clave en las funciones ecológicas de los ecosistemas, el suelo en general y el de los ambientes ribereños en particular ha sido contaminado y sometido a diversos procesos de origen antrópico que lo degradan, perdiendo así su capacidad productiva (CONANP, 2010). Uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre y en los suelos es el azufre; el cual es un

macronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de los organismos vivos, por su participación en distintas funciones metabólicas y en la síntesis de proteínas. Es requerido por las plantas en cantidades parecidas a las del fósforo (0.01-0.05% en peso seco), sin embargo, no se le considera un macroelemento y a pesar de ser tan importante como el nitrógeno para determinar cantidad y calidad de la biomasa de un cultivo, se le clasifica como "elemento secundario". El azufre se encuentra en estados de oxidación desde +6 hasta -2 siendo, el estado más oxidado (SO_4^-), el que es utilizado por las plantas como fuente de azufre. Para ser disponible para las plantas, las formas reducidas de azufre deben ser primero oxidadas; este cambio en el estado de oxidación desde el extremo reducido hasta el oxidado, es una actividad realizada principalmente por microorganismos del suelo aunque también, existe una importante contribución de la actividad arilsulfatasa del suelo que cataliza la hidrólisis de ésteres aromáticos y alifáticos del anión arilsulfato por fisión del enlace O-S (R-O-SO_3^-), liberando fenoles (R-OH) y sulfato inorgánico (SO_4^{2-}) (Tabatabai, 1994). La actividad enzimática de los suelos, de la que se tienen muy pocos estudios (Huxtable, 1986), influye en gran medida en la calidad de los suelos forestales a pesar de su importancia al contribuir al óptimo desarrollo de los ciclos biogeoquímicos. Para aproximarse al entendimiento del ciclo del azufre en suelos forestales del Parque Nacional Izta-Popo y su zona de influencia, y conocer la contribución de la actividad enzimática arilsulfatasa sobre la disponibilidad de azufre, se planteó esta investigación con el objetivo de determinar si la actividad arilsulfatasa del suelo puede utilizarse como un indicador de calidad en suelos ribereños de montaña.

Materiales y Métodos

De acuerdo al tipo de uso del suelo a lo largo de los afluentes del río Amecameca, se definieron cinco estaciones de muestreo de ambientes ribereños, en las cuales se trazaron cuadrantes de $30 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ y de $30 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ (amplitudes de 1m y 5 m a ambos lados del caudal). En cada estación de estudio se realizó la caracterización ecológica del sitio, indicando exposición, coordenadas geográficas, etc.

Para el análisis de actividad de enzimas se tomaron 8 submuestras de 0 a 0.1 m de profundidad (cuatro a cada lado del caudal a las amplitudes señaladas) con tubos de PVC manteniéndose en refrigeración hasta su análisis. Se evaluó la actividad de la enzima arilsulfatasa mediante el método de p-nitrofenil sulfato, descrito por Tabatabai y Bremner, 1970.

Para la caracterización de las propiedades físicas y químicas de los suelos ribereños, se tomaron ocho submuestras más de 0 a 0.2 m de profundidad en las que después de su procesamiento se determinó: pH potencial en solución salina KCl 1N, relación 1:2 (Jackson, 1964); pH activo en agua relación 1:2 (Jackson, 1964); pH en solución de NaF 1N relación 1:50; materia orgánica (Walkley y Black, 1964); determinación de sulfatos con el método turbidimétrico de sulfato de bario; determinación de P-disponible (Bray y Kurtz, 1945); determinación de N-total por el método Kjeldhal modificado para incluir nitratos. De las propiedades físicas: densidad aparente por el método del cilindro, humedad del suelo, método de gravimetría y conductividad eléctrica. Se colectó también muestras foliares de la vegetación dominante en cada sitio de estudio para determinar S foliar (por turbidimetría). Se realizó el análisis estadístico simple en el programa SAS, con pruebas de varianza y correlación.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, se aprecia que el gradiente de altitud que estuvo entre 2460 y 3722 m snm. La pendiente del terreno es moderadamente inclinada según la escala de Valencia y Hernández (2002) con suelos someros muy delgados correspondiente al grupo de los Leptosoles. En los sitios con máxima elevación y mejor estado de conservación (Cañada Amalacaxco y Potrero), se encontraron bosques de *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa* respectivamente. En el caso de zonas bajas (altitudes 2600 a 2400 m) se observaron especies como *Clethra mexicana*, *Alnus jorullensis*, *Crataegus pubescens*, *Buddleia sessiliflora*, reportadas según el Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable 2007, como especies que se encuentran en zonas con fuerte perturbación.

Cuadro 1. Caracterización de sitios de estudio.

Sitio (uso de suelo)	Altitud	Pendiente	Vegetación dominante	Tipo de suelo
	m snm	%		
Cañada Amalacaxco (Forestal)	3722	5	<i>Pinus hartwegii</i> y zacatonal	Leptosol
Potrero (Forestal)	3347	10	<i>Abies religiosa</i>	Leptosol
Apozonalco (Recreativo)	2684	5	<i>Abies religiosa</i> , <i>Arbutus xalapensis</i> , <i>Quercus crassipes</i> , <i>Cupressus sp.</i>	Leptosol
Tezahuac Agrícola	2517	< 5	<i>Clethra mexicana</i> , <i>Alnus jorullensis</i> , <i>Crataegus pubescens</i> , <i>Buddleia sessiliflora</i> .	Leptosol
Libramiento Uso urbano	2463	2	<i>Alnus jorullensis</i> , y <i>Buddleia sessiliflora</i> .	Leptosol

El porcentaje de humedad se encontró entre 13.7 y 40.8 %, con los valores más altos en la Cañada Amalacaxco y los más bajos en zonas bajas del gradiente altitudinal. La densidad aparente con valores entre 0.87 y 1.44 g cm⁻³ se clasifican, según la NOM-021-RECNAT-2000, como densidades bajas a medias, presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) respecto al factor sitio, lo cual posiblemente se deba al cambio de uso en suelo provocado por la actividad antropogénica que compacta el suelo de los sitios como Tezahuac con uso de suelo agrícola. Por otro lado la conductividad eléctrica tuvo valores con efectos despreciables de salinidad según la NOM-021-RECNAT-2000 sin diferencia significativa en los factores sitio y distancia del análisis de varianza realizado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Propiedades físicas de suelos ribereños bajo diferente tipo de vegetación en los sitios de estudio.

Sitio	Humedad	Espacio poroso	Densidad aparente	CE
		%	g cm ⁻³	dS m ⁻¹
Amalacaxco (1 m)	38.4±12.5	57.54±6.725	1.14±0.18	0.104±0.008
Amalacaxco (5 m)	40.84±6.85	65.84±1.282	0.94±0.03	0.109±0.007
Potrero (1m)	19.33 ± 11.3*	67.0 ± 10.98*	0.87 ± 0.29*	0.086±0.008
Potrero (5m)	12.57 ± 2.83*	62.96 ± 10.36*	0.98 ± 0.27*	0.134±0.001
Potrero (1 m)	27.94±17.98	51.54±2.833	1.34±0.08	0.048±0.001
Potrero (5 m)	32.44±14.21	50.34±17.981	1.34±0.48	0.075±0.004
Apozonalco (1 m)	24.44±4.88	66.54±4.394	0.94±0.12	0.086±0.009
Apozonalco (5 m)	27.44±1.11	62.04±3.344	1.04±0.09	0.062±0.002
Tezahuac (1 m)	26.74±3.26	48.64±5.695	1.44±0.17	0.099±0.004
Tezahuac (5 m)	30.14±2.27	56.74±3.461	1.14±0.14	0.098±0.003
Libramiento (1 m)	13.74±3.10	58.44	1.14±0.10	0.183±0.018
Libramiento (5 m)	15.74±6.29	62.74	1.04±0.21	0.127±0.003

* Ayala, 2011.

El Cuadro 3 muestra valores de variables edáficas relacionadas con la actividad arilsulfatasa. El pH activo tuvo valores entre 5.2 y 6.1, que según la NOM-021-RECNAT-2000, se clasifican como moderadamente ácido, mientras que los valores de pH potencial estuvieron entre moderadamente ácidos y neutros. Los suelos más ácidos se encontraron en la Cañada Amalacaxco, posiblemente por una mayor acumulación de ácidos presentes en la materia orgánica. Los suelos fueron ricos en materia orgánica, encontrada entre 2.2 y 18.9% clasificándose de muy bajo a muy alto entre suelos derivados de ceniza volcánica (NOM-021-RECNAT-2000). El valor más alto de materia orgánica estuvo en suelos con vegetación de zacatonal y *Pinus Hartwegii* (Cañada Amalacaxco) y el menor en zonas bajas con unos de suelos agropecuario y urbano (Tezahuac y Libramiento). Los porcentajes de nitrógeno total de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000, fueron clasificados entre bajos y medios (0.12 a 0.65%). El P extractable tuvo su valor más bajo en Potrero (0.13 mg kg⁻¹) y máximo en Tezahuac (0.40 mg kg⁻¹), que son valores bajos según la NOM-021-RECNAT-2000. Respecto al P extractable, se presentaron diferencias significativas para el factor sitio (Tukey $P \leq 0.05$) probablemente

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

debido a que la solubilidad de las formas orgánicas e inorgánicas de este elemento está condicionada por reacciones fisicoquímicas, biológicas, físicas y químicas como pH ácido y actividad antropogénica (Boschetti y Quintero, 2005).

El Cuadro 3 muestra valores mínimos de sulfatos en Tezahuac 5 m (0.15 mg kg^{-1}) y máximos en Potrero a 5 m (0.25 mg kg^{-1}), con diferencias significativas para los factores sitio e interacción sitio-distancia ($p \leq 0.05$). Entre las condiciones que limitan la retención de sulfatos en el suelo, están los bajos contenidos de materia orgánica, además de que suele perderse con la lluvia o, en este caso por lavado del agua por el afluyente (Bornemisza *et al.*, 1978).

Cuadro 3. Variables edáficas relacionadas con la actividad arilsulfatasa en suelos ribereños.

Sitio	pH H ₂ O	MO	SO ₄ ⁼	Arilsulfatasa
		—%—	—mg kg ⁻¹ —	—μg pNP g ⁻¹ h ⁻¹ —
Amalacaxco (1 m)	5.6	9.6	0.226	0.0188
Amalacaxco (5 m)	5.2	18.9	0.231	0.0236
Potrero (1 m)	5.7	4.3	0.234	0.0172
Potrero (5 m)	5.4	5.4	0.252	0.0167
Potrero (1 m)	5.6	4.1	0.204	0.0109
Potrero (5 m)	6.0	8.2	0.218	0.0124
Apozonalco (1 m)	5.7	8.3	0.214	0.0082
Apozonalco (5 m.)	5.4	7.0	0.225	0.0075
Tezahuac (1 m)	6.1	4.9	0.204	0.0139
Tezahuac (5 m)	6.1	2.2	0.150	0.0035
Libramiento (1 m)	6.1	2.2	0.214	0.0076
Libramiento (5 m)	6.1	5.4	0.252	0.0098

La actividad arilsulfatasa del suelo presentó diferencia significativa entre sitios de estudio según el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), mostrando que sus valores aumentan con la altura. Del análisis de correlación se encontró que la actividad arilsulfatasa presentó relación inversa con pH activo y potencial y al acercarse al valor mínimo de pH (3.9) obtenido en la Cañada Amalacaxco, la actividad enzimática aumentó. También se observó que la actividad arilsulfatasa del suelo presentó una relación positiva con materia orgánica, porcentaje de humedad, y nitrógeno total (Cuadro 4).

Cuadro 4. Correlación entre actividad arilsulfatasa y sulfatos con diversas variables.

	pH Activo	pH Potencial	MO	P-extractable	N-total
Actividad ASS	-0.63	-0.56	0.50	-0.52	0.43
	<0.0001	0.004	0.015	0.0009	0.015
SO ₄ ⁼	-0.17	-0.11	0.22	-0.47	0.20
	0.33	0.54	0.30	0.004	0.30

Otros estudios sobre la actividad enzimática en el suelo, han demostrado que depende de la temperatura, pH, humedad, contenido de materia orgánica y calidad de la misma (Dick y Tabatabai 1993). Elevados contenidos de materia orgánica se han asociado con altas actividades enzimáticas y a la actividad biológica de los suelos.

La actividad arilsulfatasa y los sulfatos del suelo no presentaron correlación significativa, pero si se encontró una relación inversa entre fósforo extractable y actividad de la arilsulfatasa atribuido a un desarrollo de los suelos con grandes cantidades de óxido de hierro y aluminio libre en suelos ácidos que inducen la fijación de fosfatos y probablemente también de sulfato del suelo (Useche *et al.*, 2005). El contenido de S-foliar de las especies vegetales ribereñas estuvo entre 0.01 y 0.05% con los valores más altos en especies indicadoras de perturbación como *Arbutus xalapensis* y valores bajos en

comunidades estables de especies de alta eficiencia nutrimental de zonas altas (bosques monoespecíficos de *Pinus hartwegii*) con estrategias de adaptación Tipo I Shugart, 1998 .

Conclusiones

Los resultados encontrados muestran que la actividad enzimática arilsulfatasa es un buen indicador de la calidad del suelo dado que su comportamiento depende de parámetros como: % de humedad, M.O., nitrógeno total, y pH mostrando una relación significativa con ellos.

Las diferencias en AAS de cada zona con distinto uso del suelo muestran que la actividad de esta enzima si puede utilizarse como indicador de calidad de suelo.

Literatura Citada

- Ayala, C. M. 2011. Interacción ecológica del sistema agua-suelo en ambientes ribereños del Parque Nacional Izta-Popo y zonas de influencia. Tesis (título de Biólogo) FES Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Bornemisza, E., F. A. Castillo y A. Balcazar. 1978. Disponibilidad de azufre en suelos de la vertiente pacífica de Costa Rica. *Agron. Costarr.* 2(2): 137-145.
- CONANP. 2010. Importancia del Parque. Disponible en <http://iztapopo.conanp.gob.mx/> (consultada el 08-October-2010).
- Cruz, F. G., R. D. Flores, G. G. Alcántar, S. A. Trinidad y S. E. Álvarez. 2007. Actividad fosfatasa y pH del suelo adyacente a la rizósfera de maíz, trigo y Triticale en suelos ácidos. *Terra Latinoamericana* 25 (2):115-125.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Ed. Academic Press Inc. United States of America.
- Dick, W.A and M. A. Tabatabai. 1993. Significance and potential uses of soil enzymes. In: Blaine Mettin F. Jr. (Ed.) *Soil Microbial Ecology, Applications in Agriculture and Environmental Management*. Marcel Decker, New York, 95– 127.
- Wolt ,J. D.1994. Soil solution chemistry. Application to environmental science and agriculture. Ed. Jhon Wiley and Sons Inc. United States of America.
- Huxtable, R. J. 1986. Biochemistry of Sulphur and effects of sulfur deficiency plants. *Plant Soil*.
- Shugart, H. H. 1998. *Terrestrial Ecosystems in Changing Environment*. Cambridge Studies in Ecology. Cambridge University Press.U.K.
- Tabatabai, M. A., 1994. Enzymes. In: Weaver R, Augle S, Bottomly P, Bezdicek D, Smith S, Tabatabai A, Wollum A (Ed.). *Methods of soil analysis. Microbiological and biochemical properties* Part 2, N°5. Soil Science Society of America, Madison, 775-833
- Ayuntamiento del Municipio de Puebla. 2007. Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable. Tomo I. Ayuntamiento del Municipio de Puebla.
- Useche, Y. M., V. H., P. H. 2004. Caracterización de bacterias y hongos solubilizadores de fosfato bajo tres usos de suelo en el sur del trapecio amazónico. *Acta Biológica Colombiana*, 9 (2)

CONTENIDOS DE C Y CALIDAD DEL SUELO EN AMBIENTES RIBEREÑOS DE BOSQUES TEMPLADOS

González Mancilla Dafne¹, Escalante Vélez Karina Antonieta², Cruz Flores Gerardo², Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM¹. E-mail: dafiduc_5@hotmail.com

Resumen

Esta investigación se realizó en ecosistemas ribereños de montaña con el objetivo de establecer mediante parámetros químicos, la calidad de estos suelos y conocer la capacidad de estas zonas para absorber C atmosférico y así brindar un servicio ambiental en sitios de bosques templados adyacentes a afluentes del río Amecameca con diferente estado de conservación. Se planteó un diseño experimental utilizando cuadrantes de 30×2 m y de 30×10 m (amplitudes de 1 y 5 m a ambos lados del afluente). Se colectaron muestras compuestas de suelo (0-20 cm), de capa de fermentación y mantillo en cuadros de 0.0625 m². Para estimar Cm y Ccf, las muestras se deshidrataron y determinó COS, utilizando el método de Walkley y Black, Nitrógeno total, método semimicro-Kejeldhal, P-extractable, método de Bray y Kurtz, pH activo y potencial por el método potenciométrico y CE mediante el conductímetro. Para los sitios más elevados se encontró valores de 11.5 a 10.6% de MOS y para los sitios con menor altitud el valor se redujo a 8 y 10%, clasificándolos como suelos ricos en materia orgánica. Para los sitios más altos la relación C:N fue de 17:1 y para sitios ubicados en una menor altitud fue de 20:1. El P-extractable para sitios de altitudes menores a los 3000 msnm representan una diferencia significativa en comparación con los sitios de mayor altitud, en cuanto a pH se encontraron valores que van desde 5.1 y 6.05 ubicando los suelos desde ligeramente a moderadamente ácidos.

Palabras clave: Calidad de suelos, servicio ambiental y relación C:N.

Abstract

This research was conducted in mountain riparian ecosystems in order to determine by chemical parameters, the quality of these soils and determine the capacity of these areas to absorb atmospheric C and thus provide an environmental service in temperate forest sites adjacent to tributaries of the river Amecameca with different condition. Experimental design was proposed using quadrants of 30 × 10 m, 30 × 2 m and (amplitude of 1 and 5 m on both sides of the tributary). Composite samples were collected soil (0-20 cm) layer of mulch in fermentation and pictures of 0.0625 m². To estimate Cm and Ccf, The samples were dehydrated and COS determined using the Walkley and Black and Kurts, pH and potential asset for the potentiometric method and CE by conductivity. For sites found higher values of 11.5 to 10.6% of MOS and the lower elevation sites the value was reduced to 8 and 10%, classified as soils rich in organic matter. For the higher places the C: N ratio was 17:1 and for sites located in a lower altitude was 20:1. The P-extractable sites for altitudes under 3000 m represent a significant difference compared to higher altitude sites, as found at pH values ranging from 5.1 and 6.05 placing soil from slightly to moderately acidic.

Key Words: soil quality, environmental service, value C:N.

Introducción

Las zonas ribereñas son áreas contiguas a cuerpos de agua loticos o lenticos cuyo ambiente es fuertemente influenciado por dicha proximidad (Bren, 1993; Sethuramet *et al.*, 2007), están compuestas de exuberante vegetación con alta densidad, plantas con mayor altura y cantidad de biomasa, y número de especies siempre verdes en comparación con su entorno (Morales y Fernández, 2006). Los suelos de los ambientes ribereños tienen un papel particularmente importante reteniendo parte del nitrógeno y fósforo transportados por la escorrentía desde los cultivos hasta los cuerpos de agua. Gracias a lo anterior, estas zonas poseen un "poder amortiguador" con capacidad para absorber y almacenar elementos; con lo que fomenta la restauración natural de la calidad de aguas superficiales además de evitar azolves de cuerpos de agua en cuencas bajas al reducir los riesgos de erosión de manera que ofrecen un "hábitat" a muchas especies vegetales y animales (Granados *et al.*, 2006). Como en todos los sistemas forestales, los principales almacenes de C, en ambientes ribereños, son la vegetación, la capa de fermentación, el mantillo y en mayor medida el suelo, (Ordoñez, 1999). A pesar de la

importancia para la vida, el suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece. La degradación de este es una seria amenaza para el futuro de la humanidad, por lo que es necesario intensificar, preservar e incrementar la calidad del mismo (Bautista *et al.*, 2004). La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en una escala amplia de tiempo (Carter *et al.*, 1997, Bautista *et al.*, 2004). El C orgánico del suelo (COS) ha sido reconocido como un indicador de sostenibilidad (Balbontín *et al.*, 2009) porque su acumulación es resultado de la producción primaria neta (Purakayastha *et al.*, 2008; entre otros factores) y también porque con la captura de C por el suelo se mitiga el calentamiento global al disminuir la concentración de gases con efecto invernadero (Lal, 2004). Por lo que la captura de carbono como servicio ambiental (SA) ayuda a la disminución del cambio climático (CC) mediante la "fijación" de CO₂ atmosférico, siendo la "captura de carbono en el sector forestal", una de las opciones de mitigación más importantes especialmente para México (Ordoñez, 1999).

Con base en lo anterior el objetivo del presente trabajo fue establecer mediante parámetros químicos la calidad de suelos de zonas ribereñas de montaña del río Amecameca en sitios con diferente uso de suelo a lo largo de un gradiente altitudinal para conocer su capacidad de fijar C atmosférico y así brindar un servicio ambiental que contribuye a la conservación ecológica de estos sistemas

Materiales y Métodos

Se planificaron salidas a campo cada mes durante 11 meses, en la zona ribereña anexa al afluente del río Amecameca. Se planteó un diseño experimental utilizando cuadrantes de 30×2 m y de 30×10 m con amplitudes de 1 y 5 m a ambos lados del afluente. Se colectaron muestras compuestas de suelo (0-20 cm), de capa de fermentación y mantillo en cuadros de 0.0625 m². Para estimar C_m, las muestras se deshidrataron. Para conocer COS, se utilizó el método de Walkley y Black; Nitrógeno total con el método de semimicro-Kejeldhal; Fósforo extractable, método de Bray y Kurtz; pH activo y pH potencial, método Potenciométrico y Conductividad eléctrica con ayuda del Conductivímetro. En la estimación del carbono orgánico total en el sistema ribereño de montaña se consideraron los aportes que hacen a éste, el carbono orgánico del suelo, de la capa de fermentación y de mantillo. Se realizó un análisis estadístico multivariado para conocer las principales tendencias de variación en los elementos del ecosistema ribereño. El análisis de componentes principales (ACP) se realizó para sintetizar el número de variables donde los nuevos componentes principales que son una combinación lineal de variables originales y son independientes entre sí. Mediante correlaciones canónicas se consideró al conjunto de variables que pueden ser divididas en grupos homogéneos indicando cuales conjuntos de variables tienen máxima correlación. Se estableció así las relaciones de interdependencia entre los conjuntos de variables del sistema suelo-vegetación como aspecto fundamental del funcionamiento del ecosistema en relación con la potencial captura de carbono.

Resultados y Discusión

Cuando menor sea el valor de la relación C:N, mayor será el grado de mineralización de la materia orgánica y se tendrá una calidad edáfica superior. En esta investigación para los sitios más altos se encontró una relación C:N de 17:1 la cual según Ladd *et al.* (2004), no limita la descomposición de materiales orgánicos y la disponibilidad de N en suelos de vegetación forestal, a diferencia de las relaciones C:N de suelos agrícolas donde este valor indicaría una calidad edáfica es deficiente (García, 2003). Por otro lado Buckman y Brady (1991) mencionaron que la concentración de N en suelos de bosque son elevadas en sitios de mayor altitud y que las coníferas provocan que este elemento se almacene en mantillo y capas superiores de humus por lo que al tener valores que oscilan entre 17:1 y 20:1 de acuerdo con ellos esto indica una estabilidad, ya que las cantidades que se van consumiendo o perdiendo en el suelo son equitativas tanto de N como de C. Para sitios más bajos donde la relación fue observada fue de 20:1 hay una tendencia a disminuir su calidad edáfica.

Otro parámetro que está relacionado directamente con la calidad edáfica es el porcentaje de materia orgánica, para los sitios más elevados (Ranchotitla y Axochiapa) se encontró 11.5% y 10.6% de MOS lo que los clasifica como suelos ricos en materia orgánica. Para los sitios ubicados aproximadamente 300 m hacia abajo en el gradiente altitudinal, también ricos en MOS, el contenido se redujo a un intervalo entre 8 y 10%, por lo que estos suelos al tener buenos porcentajes de MOS, tienen la capacidad de formar complejos arcillo-húmicos, mejorar su capacidad de infiltración además de

determinar la disponibilidad de nutrientes por lo que influye de manera positiva a la productividad de la zona.

Cuadro 1. Caracterización del suelo en sitios con diferente grado de perturbación y en un gradiente altitudinal.

Sitio	COS	Ccf	Cm	N	P	Pcf	pH suelo	pH suelo	CE suelo
	t ha ⁻¹			%	mg kg ⁻¹		H ₂ O 2:1	KCl 2:1	μS ⁻¹
Ranchotitla	116	7.2	12	0.49	2.1	2.7	5.3	5.2	231.8
Tepinoco	85.6	2.3	9.8	0.44	2.4	2.5	5.6	5.1	202.6
Azochiapa	83.6	4.8	3.3	Nd	2.8	Nd	6	5.6	26.75
Peña verde	72.3	2.9	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Truchas	86	1.9	6.6	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd

COS=Carbono Orgánico del Suelo, Ccf= carbono en capa de fermentación, Cm= Carbono en mantillo

N= nitrógeno total en suelo, P= fosforo extractable en suelo, Nd= No determinado.

Sitios ordenados en forma descendente por altitud.

Cuadro 2. Nitrógeno total, Carbono orgánico y Fosforo disponible.

Sitio	N	COS	P
	%		mg/kg
Ranchotitla	0.49 a	6.7 a	2.1 b
Tepinoco	0.44 a	5.6 a	2.4 b
Azochiapa	Nd	6.1 a	2.8 a
Peña verde	Nd	4.5 a	Nd
Truchas	Nd	5.4 a	Nd

Sitios ordenados en forma descendente por altitud. Nd= No determinado

*Dentro de columna letras iguales no representan diferencias significativas (Tukey p≤0.05).

N= nitrógeno total en suelo, P= fosforo disponible en suelo, COS= Carbono Orgánico del Suelo

En la evaluación de Nitrógeno y Fósforo disponible presentes en capa de fermentación, se observó que no existe diferencia significativa entre sitios, sin embargo para Fósforo disponible en suelo, en sitios de menor altitud se encontró una diferencia de más de 30% con referencia a sitios altos y ésta si fue significativamente diferente (p≤0.05).

Cuadro 3. Parámetros químicos.

Sitio	pH suelo	pH cf	pH suelo	pH cf	CE suelo	CE cf
	H ₂ O 2:1	H ₂ O 2:1	KCl 2:1	KCl 2:1	μS ⁻¹	μS ⁻¹
Ranchotitla	5.3 b	5.3 b	5.2 a	5.3 a	231.8 a	59.9 a
Tepinoco	5.3 b	5.9 a	5.1 a	5.8 a	202.6 a	85.7 a
Azochiapa	6.05 a	5.7 b	5.6 a	5.6 a	26.75 a	80.45 a
Peña verde	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd
Truchas	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd	Nd

Sitios ordenados en forma descendente por altitud. Nd= No determinado

* Dentro de columna letras iguales no representan diferencias significativas (Tukey p≤0.05).

pHcf= Potencial de hidrogeno de capa de fermentación, CEcf= Conductividad eléctrica de capa de fermentación.

Para el pH activo en suelo encontramos una diferencia significativa en sitios que se encuentran a menor altitud (Azochiapa), considerándolos como ligeramente ácidos. Para sitios ubicados en altitudes mayores se encontraron valores de aproximadamente 5 ubicándolos como moderadamente ácidos, para pH activo en capa de fermentación y suelo, estadísticamente no hubo una diferencia significativa entre sitios. En general los datos obtenidos de pH se encuentran entre 5.1 y 6.05, lo cual concuerda con lo descrito por Pritchett (1991), quien menciona que los suelos forestales van de moderadamente a extremadamente ácidos. La CE en suelo y capa de fermentación, no presentó diferencias significativas entre sitios, encontrando valores de suelos con salinidad despreciable.

Conclusiones

Los suelos de los bosques templados presentaron principalmente un alto potencial de captura de carbono, debido al tipo de vegetación presente, el cual tiene características de alta densidad, mayor altura y mayor cantidad de biomasa. El mayor porcentaje de carbono capturado fue en zonas ubicadas en un gradiente altitudinal elevado, debido a su mejor estado de conservación; en los sitios ubicados a menor altitud y donde se presentaron actividades antropogénicas, como la rosa de vegetación, se presentan porcentajes menores de carbono. En altitudes elevadas la relación C:N es menor, teniendo suelos con mayor calidad edáfica, en comparación con suelos ubicados a menores altitudes. Los porcentajes de MOS son elevados para la zona teniendo que hay una buena productividad. En general la zona ribereña del afluente Amecameca tiene una buena calidad edáfica, por lo que la captura de C atmosférico en sitios con características similares, puede ser en cantidades apreciables, con lo que aumenta su valor en Pagos por Servicios Ambientales.

Literatura Citada

- Bautista C. A., J. Etchevers, R. F. del Castillo y C. Gutiérrez. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13(2):90-97.
- Bren, L.J. 1993. "Barian Zone, Streams, Floodplain Issues: A Review," *Journal of Hydrology* 150:277-299.
- Brown, S., Ch. Hall, W. Knabe, J. Raich, M. Trexler y P. Woome. 1993. Tropical forest: their past, present and potential future role in the terrestrial carbon budget. *Water, Air and Soil Pollution*. 70: 71-94.
- Buckman H. O. y N. C. Brandy. 1991. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. Editorial Limusa. México.
- Carter, M.R., Gregorich, E.G., Anderson, D.W., Doran, J.W., Janzen, H.H. y Pierce, F.J. 1997. Concepts of soil quality and their significance. En *Soil quality for crop production and ecosystem health* (eds. Gregorich, E.G. y Carter, M.). Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands.
- Dixon, R.K., S. Brown, R.A. Houghton, A.M. Solomon, M.C. Trexler y J. Wisniewski. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190.
- Doran, J.W. y Parkin, B.T. 1994. *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.
- García H. M. 2003. Indicadores de calidad de suelo y estado nutrimental de *Abies religiosa* (H.B.K.) *Schl. Et. Cham.*, en la exposición occidental de los volcanes Iztaccihuatl y Popocatepetl. Tesis de licenciatura. FES Zaragoza UNAM.
- García, C., T. Hernández, F. Acosta, and B. Ceccanti. 1994. Biochemical parameters in soil regenerated by the addition of organic wastes. *Waste Manage. Res.* 12: 457- 466.
- González G. J.L., A. M. Rivero, S. A. Folgueras, J.M. Díaz, N. González y A. Pardo. 2005. Aplicación del protocolo de Kyoto para Castillas y León. Consejo Económico y Social de Castilla y León. España. pp. 267-284. [disponible en] www.cescyl.es/pdf/coleccionestudios/Pkioto.pdf.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. y Schuman, G.E. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America J.* 61: 4-10.
- Lal Rattan. 2008. Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society. Biological Science* 363:815-830.
- Larson, W.E. y Pierce, F.J. 1991. Conservation and Enhancement of Soil Quality. In *Evaluation for sustainable land management in the developing world*. En Proc. of the Int. Work-shop on Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Chiang Rai. pp. 175-203. 15-21 Sept. 1991. Int. Board of Soil Res. and Manage., Bangkok, Thailand.
- Morales M. y J. B. Fernández. 2006. Aspectos Relevantes de la interacción entre la vegetación de Ribera, la hidráulica y la morfológica de causas. Departamento de Ingeniería Hidráulica. Universidad Politécnica de Valencia. pp.14.
- ONU, 1992. Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático. [disponible en línea] <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan>.

- Ordoñez Díaz B.J.A. 1999. Captura de Carbono en un Bosque Templado: El caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP. México.
- Ordoñez J.A.B., y O. Maserá. 2001. Captura de carbono ante el cambio climático. *Madera y Bosques*. 7: 3-12.
- Pritchett, W. 1991. Suelos Forestales, propiedades, conservación y mejoramiento. Editorial Limusa-grupo Noriega editores, México. 634 p.
- Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. y McSweeney, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. *J. Soil Water Conservation* 50: 229-236.
- Sánchez D., M. A. Hernández G. y G. F. López R. 2006. Ecología de las Zonas Ribereñas. *Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente*. Vol. 12 numero 001. pp. 55-99.
- Sethuram S., B. Suzanne, E. K. Steven, T. David y W. Derek. 2007. Ecosystem Services from Riparian Areas: A Brief Summary of the Literature. Scientific Advisory Committee. Illinois River Coordinator Council. USA. pp. 2-7.

NIVELES DE CARBONO Y AGRICULTURA INTENSIVA EN SUELOS DE LA LLANURA COSTERA DE NAYARIT

Murray Núñez Rafael¹, Bojórquez Serrano José Irán², Hernández Jiménez Alberto³,
García Paredes Juan Diego², Madueño Molina Alberto² y Bugarín Montoya Rubén².

¹Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit.

²Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura "Amado Nervo",
Tepic, Nayarit, C.P. 63191.

³Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba.

E-mail: ramurray_13@hotmail.com

Resumen

Se analizaron las pérdidas de carbono orgánico en suelos a partir de 12 perfiles localizados en el delta del río San Pedro y distribuidos por nivel geomorfológico en la llanura costera del estado de Nayarit, México. El estudio se realizó comparando el contenido de carbono de los suelos con mayor conservación bajo bosque y cultivados. Los niveles considerados para este análisis fueron llanura alta, llanura media y sus depresiones, llanura baja y barras costeras. Las reservas de carbono (RCO) se determinaron teniendo en cuenta la densidad de volumen (Dv), el espesor de cada horizonte y el contenido de carbono. Los resultados se ponderaron para las profundidades 0-20, 0-50 y 0-100 cm. Las pérdidas de carbono identificadas fueron del 36 % para suelos Cambisoles de la llanura alta, 40% para Feozem y Cambisoles de la llanura media, 60% en suelos Feozem y Solonetz de las depresiones de la llanura media, 67% para Cambisoles de la llanura baja y 90% para Arenosoles de las barras costeras. Se demostró que la actividad agrícola intensiva y continuada, ha ocasionado pérdidas en el contenido de carbono; asimismo, la capa agrícola (20 cm) resulta la más afectada por esta actividad antropogénica.

Palabras Claves: Cambios globales en suelos.

Summary

We analyzed the loss organic carbon in soils from 12 profiles located in the San Pedro river delta and distributed by geomorphology level of the coastal plain of Nayarit, Mexico. The study was conducted comparing the carbon content of soils under forest management versus soils under continuous farming. The geomorphology levels were high plain, medium plain and their depressions, low plains and coastal bars. Carbon stocks were determined considering the bulk density, the thickness of each horizon and the carbon content. The results were estimated to the depths of 0-20, 0-50 and 0-100 cm. Carbon losses were quantified as follows: 36% for Cambisols of the high plain; 40% for Feozems and Cambisols of the medium plain; 60% for Feozems and Solonetz in the depressions of the medium plain; 67% for Cambisols of the low plain and 90% for Arenosols of the coastal bars. It was shown that continuous and intensive farming has caused losses in the carbon content, also the topsoil layer (20 cm) was the most affected by this anthropogenic activity.

Key Words: Global changes in soils.

Introducción

El problema del contenido y las pérdidas de carbono en los suelos de los ecosistemas ha cobrado importancia en los últimos 20 años, ya sea en relación con la concentración del CO₂ atmosférico y el cambio climático (Lal *et al.*, 2007 y Varallayay, 1990), como con los problemas de degradación de los suelos (Hernández *et al.*, 2006). Existe evidencia que el uso agrícola y el laboreo continuo del suelo es la causa principal de la disminución de la materia orgánica (MO) en la capa arable, con la consecuente degradación de su fertilidad (Roscoe y Buurman, 2003; García-Silva *et al.*, 2006). Esta disminución lleva problemas de degradación de la estructura, compactación del suelo, aumento en la Dv y disminución de la porosidad (Pt). Por lo anterior, quizá uno de los grandes problemas que enfrentan los agricultores al laborear el suelo es la pérdida paulatina de materia orgánica del suelo (MOS) (Crovetto, 1996; Martínez-Trinidad *et al.*, 2008).

Como resultado de esta situación, aumenta el factor de dispersión del suelo, aumenta la Dv y la compactación, disminuye la Pt, disminuye la superficie activa del suelo para la acción de las raíces en

la toma de agua y nutrientes, disminuye la actividad biológica y como consecuencia los rendimientos son cada vez más bajos.

Esta situación da lugar a que aumente la cantidad de labores de preparación de suelos, aumente el uso de fertilizantes. De esta forma, el modelo actual se va haciendo insostenible año tras año. Esto ocasiona disminución de las reservas orgánicas del suelo y trae como consecuencia, a corto plazo, una reducción del rendimiento potencial de los cultivos (Manna *et al.*, 2003).

Las pérdidas de carbono como parte de la MOS no solamente tiene relación con la degradación que ocurre en las propiedades del suelo por la mineralización de la materia orgánica, sobre todo en los suelos tropicales, sino también con el problema del cambio climático (Hernández *et al.*, 2006).

Los suelos de la llanura costera norte de Nayarit han sido estudiados desde el punto de vista de su distribución, características y clasificación (Bojórquez y López, 1997; Bojórquez *et al.*, 2006, 2007 y 2008) y se conoce que han estado intensivamente bajo cultivo con siembras de sorgo, frijol y maíz principalmente (Figura 1).

Hasta el momento no se reportan datos sobre el cambio en el contenido de materia orgánica y de carbono en estos suelos, a pesar que se conoce que están bajo un proceso de pérdida de su fertilidad natural por la influencia del hombre (Tonkonogov y Guerasimova, 2005; Hernández *et al.*, 2009).

Debido a la agricultura intensiva que han estado sometidos los suelos de esta región, se realizó la caracterización del contenido del carbono en algunos de los principales suelos, tanto en área cultivada como conservada (que sirve como patrón), con el objetivo de evaluar los primeros resultados sobre los impactos de la influencia agrícola en el contenido de carbono de los suelos de la llanura costera norte de Nayarit, que a su vez sirva como fundamento para futuros trabajos encaminados a la captura y conservación de este elemento.

Materiales y métodos

La distribución y características de los suelos de esta región están en dependencia de las condiciones geomorfológicas de la llanura (Bojórquez *et al.*, 2006). La llanura deltaica presenta la mayor influencia antropogénica a base de actividades agropecuarias; en la parte alta de la llanura costera dominan los Cambisoles sin sales, en la llanura media los Cambisoles, Feozems, Solonetz y Fluvisoles, algunos con calificativo salico; en la llanura baja predominan los Fluvisoles, Cambisoles y Stagnosoles la mayoría con sales. En las marismas los Solonchaks y en el sistema de barras costeras, los Arenosoles.

Los suelos se encuentran bajo la influencia de un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, bajo un régimen de humedad ústico. La recarga de agua en ellos, ocurre por la lluvia (1000 a 1200 mm anual) y por el régimen de inundación (sedimentos, nutrimentos y carbono) de los diferentes niveles geomorfológicos que forman los deltas por los ríos Acaponeta, Santiago y San Pedro; en este último, es donde se hizo el estudio de pérdida de reservas de carbono.

Se describieron 12 perfiles de suelos sobre el delta del río San Pedro, distribuidos por nivel geomorfológico de la llanura costera (Bojórquez *et al.*, 2006 y González *et al.*, 2009) y en forma de pares, buscando tener la condición de mayor conservación y cultivados. Los niveles considerados para este análisis fueron llanura alta, llanura media y sus depresiones, llanura baja y barras costeras. Cada perfil de suelo fue caracterizado en sus propiedades físicas y químicas y se clasificaron según IUSS, WorkingGroup, WRB (2008), los cuales se presentan en la Tabla 1.

En laboratorio se prepararon las muestras mediante secado en sombra y tamizado en malla de 2 mm. Se hicieron determinaciones siguiendo la NOM 021 RECNAT (2000), la humedad del suelo mediante el método gravimétrico (Baveret *et al.*, 1980) (AS-05); la composición mecánica por el método del hidrómetro de Bouyoucos, la D_v por el método de los cilindros (Herre, 2000); la densidad real por el método del picnómetro (AS-04) y la materia orgánica por el método de Walkley y Black (AS-07). El carbono orgánico se estimó a partir de los valores de materia orgánica (M.O/1.724).

Las reservas de carbono (RCO) se determinaron teniendo en cuenta la densidad de volumen, el espesor de cada horizonte y el contenido de carbono. Los resultados por cada horizonte del perfil, se ponderaron para las profundidades 0-20, 0-50 y 0-100 cm.

$$\text{RCO en Mg ha}^{-1} = (\text{Espesor en cm}) (\text{Densidad de volumen en g cm}^{-3}) (\% \text{ de Carbono})$$

Las pérdidas de las reservas de carbono de los suelos se estimaron comparando los datos de perfiles con el mayor grado de conservación contra los perfiles alterados por el cultivo, lo anterior, por cada nivel geomorfológico.

Resultados y discusión

En la llanura alta se estudiaron dos perfiles (RMOR-2 y RMOR-1), ambos clasificados como Cambisoles, uno con uso de pastizal sobre un lindero de parcela, y el segundo, en un terreno bajo cultivo intensivo de granos (sorgo y frijol). El perfil con mayor conservación y uso de pastizal tiene, para la capa de 0-20 cm, una diferencia aproximada en contenido de carbono, de 15 Mg ha⁻¹, al compararlo con el cultivado. Estos datos evidencian pérdidas de 36, 26 y 24 por ciento de carbono para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm respectivamente, lo cual coincidió con los resultados obtenidos por Roscoe y Buurman (2003) y Martínez-Trinidad *et al.* (2008).

En la llanura media se tomaron cuatro perfiles de suelos, dos en condiciones típicas de la llanura media (TUX-40 y TUX-39), y otros dos en superficies de depresión dentro de la misma llanura (TUX-37 y TUX-38). TUX-40 corresponde a un suelo Feozem desarrollado bajo bosque tropical subcaducifolio —plapar” y TUX-39 es un suelo Cambisol bajo cultivo intensivo con sorgo de riego; mientras que en las depresiones se describen TUX-37 clasificado como Feozem en un —plapar” y TUX-38, un suelo Solonetz con pastizal inducido.

Los datos de reservas de carbono de estos suelos, se tiene que el suelo bajo bosque de —plapar” tiene un contenido de carbono mayor que el suelo cultivado; el valor de las pérdidas en carbono es de 40%, 30% y 25% para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm respectivamente, entre estos dos perfiles de suelos, Lo cual coincide con lo señalado por Roscoe y Buurman (2003) quienes mencionan pérdidas entre 30 y 50% del carbono orgánico edáfico (COS) en la capa arable, en un periodo de más de 40 años de cultivo.

En las depresiones, al comparar los valores de las reservas de carbono del suelo bajo bosque de —plapar” con el cultivado, se obtuvieron pérdidas de 60%, 55% y 50% para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm respectivamente, con resultados muy similares con los encontrados por Bayer *et al.* (2002).

En ambos casos se evidencia mayores pérdidas en la capa de 0-20 cm debido a que la influencia antropogénica es mayor en la capa arable de los suelos.

En la llanura baja, se estudiaron 2 perfiles que resultaron ser Cambisoles (TUX-48 y TUX-49), el primero bajo una huerta de mango y el segundo con cultivos anuales (sorgo y maíz). Los datos de las reservas de carbono del suelo conservado comparándolo con el degradado, se observa una disminución del contenido en carbono que es diferenciado para las distintas capas. En el perfil degradado hay una disminución del contenido en carbono de 67%, 50% y 33% para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm respectivamente. Por una parte se evidencia que la capa agrícola superior resulta la más afectada como resultado del cultivo continuado con agroquímicos y uso de maquinaria durante más de 40 años, sin aplicar mejoramiento orgánico alguno al suelo, y por otra, resulta que en las capas inferiores esta afectación disminuye, sobre todo en la capa de 50-100 cm del suelo.

Las pérdidas de Carbono en los Cambisoles de la llanura baja están en concordancia con los criterios de Lalet *et al.* (2007), que plantean que las pérdidas en los suelos de los diferentes ecosistemas fluctúan entre 30 % y 75 %. También se pueden comparar estos resultados por los obtenidos por Hernández *et al.* (2009), quienes encontraron en suelos Nitisoles ferrálicos (éutricos, ródicos) cultivados, pérdidas de carbono de 59 %, 36 % y 33 % (para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm respectivamente).

Para el caso de las barras costeras, se presenta una mesocombinación de suelos Arenosoles y Solonchaks (Bojórquez *et al.*, 2008), acorde con la altitud de las barras y sus depresiones. Se estudiaron cuatro perfiles de suelos Arenosoles con diferentes condiciones de conservación; IXC-41, bajo un —plapar”; IXC-42, cultivado con cocotero; IXC-43, con cultivos anuales (tomatillo) y IXC-44, en dunas costeras próximo a la barra de playa.

Se aprecia que los Arenosoles tienen contenidos muy bajos de materia orgánica y por tanto de carbono, incluso en el perfil tomado bajo —plapar”, debido a la textura del suelo, el clima tropical y vegetación dominada por palmas, el aporte de materia orgánica al ciclo biológico es reducido y en el suelo con textura arenosa, pobre en bases y en actividad biológica, el proceso de humificación es escaso, además, en este clima tropical con precipitaciones anuales de 1000-1200 mm, el lavado de las

substancias húmicas es intenso, resultando un contenido bajo en materia orgánica del suelo, lo cual disminuye rápidamente por mineralización, cuando este suelo Arenosol se maneja bajo cultivo. Ladd *et al.* (1993); Amato y Ladd, (1992) y Skjemstad *et al.* (1993), señalaron que los suelos arenosos presentan una rápida mineralización de la materia orgánica en comparación a suelos arcillosos.

Por lo anterior, se observa que en el suelo patrón, bajo palpar el contenido de materia orgánica es solamente de 1.20%, y en los suelos cultivados mucho más bajo. En cuanto a las pérdidas de carbono entre el suelo patrón y el cultivado se observan pérdidas del perfil de la playa de 64, 55 y 45% para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm respectivamente, mientras que para los perfiles de suelos cultivados oscila entre 92 %, 8 % y 80% para las capas de 0-20, 0-50 y 0-100 cm respectivamente.

Conclusiones

Las pérdidas de carbono en la llanura deltaica del norte de Nayarit, por nivel geomorfológico muestra lo siguiente: En la llanura alta las pérdidas son del 36 %, para la llanura media es de 40 %, en las depresiones de la llanura media 60 %, para la llanura baja 67 % y para las barras costeras alrededor de 90 %.

Los resultados obtenidos demuestran que la capa agrícola resulta la más afectada como resultado del cultivo continuo y el uso de agroquímicos, así como de maquinaria pesada.

También se demuestra que la actividad agrícola intensiva y continuada, ha ocasionado pérdidas en el contenido de carbono. Además, por nivel geomorfológico, las pérdidas resultan mayores en la llanura barras, lo que puede estar relacionado con una mayor influencia agropecuaria y un régimen de inundación más alto que la llanura media y alta.

Los impactos observados en campo sobre las propiedades de los suelos son muy significativos en la estructura, el factor de dispersión, la compactación, la porosidad total y la actividad biológica. Se pudo apreciar que en estos suelos se forma, por el cultivo continuo, una estructura para los primeros 20 cm de bloques que llegan a ser de tamaño considerable (20 cm o más) y por esto en la preparación del terreno es necesario el uso de la maquinaria pesada, quedando ya en muchos casos bloques en superficie. En estos bloques se rellenan los poros con las partículas limosas y arcillosas que quedan libres por la destrucción de los agregados de la estructura original, haciéndose cada vez de mayor tamaño y empeorando por tanto las propiedades del suelo. Lo anterior, orienta a realizar trabajos futuros que modifiquen los modelos tecnológicos de producción, que incluyan el uso de enmiendas, mejoradores orgánicos de los suelos y biofertilizantes.

Literatura citada

- Amato, M. y J.N. Ladd (1992), —Decomposition of ¹⁴C-labelled glucose and legume material in soils: properties influencing the accumulation of organic residue C and microbial biomass C”, *Soil Biol. Biochem.*, num. 24, pp 455-464.
- Bayer, C.J., L. Mielniczuk, M. Neto, C. Pillon y L. Sangoi (2002), —Changes in soil organic matter fractions under subtropical No-Till cropping systems”, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, num. 65, pp. 1473-1478.
- Bojórquez, I. y J. López (1997), —Levantamiento de suelos del Municipio de Tuxpan, Nayarit, México”, *Investigaciones Geográficas Boletín*, núm. 35, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 85-120.
- Bojórquez, I.; O. Nájera; D. García; A. Hernández; A. Madueño, R. Bugarín (2006), —Particularidades de formación y principales suelos de la llanura costera norte de Nayarit, México”, *Cultivos Tropicales*, núm. 27(4), pp. 19-26.
- Bojórquez, I.; A. Hernández; D. García; O. Nájera; F. Flores; A. Madueño y R. Bugarín (2007), —Características de los suelos Cambisoles y Fluvisoles de la llanura costera norte del estado de Nayarit, México”, *Cultivos Tropicales*, núm. 28(1), pp. 19-24.
- Bojórquez I., A. Hernández, D. García, O. Nájera, F. Flores, A. Madueño y R. Bugarín (2008), —Características de los suelos de llanura de inundación mareal, de las barras paralelas, playas y dunas costeras de la llanura costera norte del estado de Nayarit, México”, *Cultivos Tropicales*, núm. 29(1), pp. 37-42.

- Crovetto, C. (1996), *Stubble over the soil. The vital role of the plant residue in soil management to improve soil quality*, Special Publication 19, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- García-Silva, R., D. Espinosa-Victoria, B. Figueroa-Sandoval, N.E. García-Calderón y J.F. Gallardo-Lancho (2006),—Reservas de carbono orgánico y de fracciones húmicas en un Vertisol sometido a siembra directa”, *Terra Latinoamericana*, Núm. 24, pp. 241-251.
- González, A.; I. Bojórquez; O. Nájera; D. García; A. Madueño y F. Flores (2009),—Regionalización ecológica de la llanura costera norte de Nayarit, México”, *Investigaciones Geográficas Boletín*, núm. 69, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 21-32.
- Hernández, A.; M. Ascanio; M. Morales; F. Morell y Y. Borges (2006), —Cambios globales en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisol ferralíticos, éutricos, ródicos) de la llanura roja de La Habana”, *Cultivos Tropicales*, núm. 24(2), pp. 41-55.
- Hernández, A.; M. Morales; F. Morell; Y. Borges; D. Vargas; F. Funes; F. Monzote; F. Marentes y H. Ríos (2009), *La formación agrogénica en los suelos ferralíticos rojos lixiviados (Nitisoles ferralíticos, éutricos, ródicos) de provincia Habana*. Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Cuba.
- IIUSS, WorkingGroup, WRB (2008). *Base referencial mundial del recurso suelo*. Informes sobre recursos mundiales de suelos 103. FAO, Rome, 117p.
- Ladd, J.N.; R.C. Foster and J.O. Skjemstad (1993), —Soil structure: Carbon and nitrogen metabolism”, *Geoderma*, núm. 56, pp. 401-434.
- Lal, R.; R. Follet; B.A. Stewart y J.M. Kimble (2007), —Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security”, *Soil Science*, Vol. 172, No. 12, pp. 943-956.
- Manna, M.C.; P.K. Ghoshy C.L. Acharya (2003), —Sustainable crop production through management of soil organic carbon in semiarid and tropical India”, *J. Sustainable Agric.*, núm. 21, pp. 87-116.
- Martínez-Trinidad, S., H. Cotler, J.D. Etchevers-Barra, V.M. Ordaz-Chaparro y F. de León-González (2008), —Efecto del manejo en la agregación del suelo en un ecosistema tropical seco”, *Terra Latinoamericana*, núm. 26, pp. 299-307.
- Ojeda, D.A., M. Stein y D. López-Hernández (2009), —Secuestro de carbono orgánico y cambios de fertilidad en un Ultisol de sabanas en la Amazonía Venezolana”, *Bioagro*, núm. 21(3), pp.: 195-202.
- Roscoe, R.; y P. Buurman (2003), —Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a CerradoOxisol”, *Soil Tillage Res.*, núm. 70, pp. 107-119.
- Skjemstad, J.O.; L.J. Janik; M.J. Head; S.G. McLure (1993), —High energy ultraviolet photo-oxidation: a novel technique for studying physically protected organic matter in clay and silt-sized aggregates”, *J. of Soil Sci.*, núm. 44, pp. 485-499.
- Tonkonogov, V.; M. Guerasimova (2005), *Agrogenic pedogenesis and soil evolution*, Abstract International Conference —Global Soil Change”, Mexico City, March 10-18, pp. 79-80.
- Varallayay, G. (1990), *Types of soil processes and changes*. In *Global Soil Change*, Inst. for Applied System Analysis, Laxemburg, Austria, pp. 41 – 62.

EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DE SUELOS Y PROPUESTA DE SU MANEJO Y CONSERVACION EN EL MUNICIPIO DE MOTOZINTLA, CHIAPAS.

Pérez Sarmiento, Gloria Cristina¹.

Laboratorio de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. UNICACH¹.E-mail: cris_163@hotmail.com

Resumen

En la Sierra Madre de Chiapas, ha cambiado el uso del suelo, de forestal a agrícola y la incorporación de cultivos en terrenos con pendientes pronunciadas. Una de las limitaciones más importantes que existe en el municipio de Motozintla, está relacionada a la baja fertilidad de los suelos a causa de malas prácticas de manejo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades físicas y químicas asociadas con la fertilidad actual de los suelos en la cuenca representativa del municipio de Motozintla, para determinar estado del suelo. Para ello, se realizó una caracterización geomorfológica, el muestreo de 8 perfiles para caracterización del área y la toma de 20 muestras con fines de fertilidad. Las propiedades físicas y químicas fueron significativamente diferentes en los 8 perfiles de los suelos para caracterización del área, aunque comparten algunos rasgos comunes. Los suelos de las 20 muestras de fertilidad presentaron pH neutro a moderadamente ácido y en general textura arenosa, condiciones restrictivas para la producción. El porcentaje de materia orgánica es bajo y la capacidad de intercambio es muy baja, aunque con altos valores de bases intercambiables de Ca y Mg. Además, en la zona influyen de manera considerable los parámetros morfométricos para que haya mayor pérdida de nutrientes y por tanto la degradación de los suelos. En conclusión, el aumento de la productividad puede lograrse si la fertilidad de los suelos se mejora mediante prácticas como la adición de materiales orgánicos donde se tomen en cuenta la parte ecológica como productiva.

Palabras claves: *Fertilidad, Suelos y Motozintla.*

Abstract

In the Sierra Madre de Chiapas, has changed the land use from forest to agriculture and the introduction of crops on land with steep slopes. One of the most important limitations that exist in the municipality of Motozintla is related to low soil fertility due to poor management practices. The aim of this study was to evaluate the physical and chemical properties associated with the current fertility of soils in the watershed Motozintla Township representative to determine the ground state. To this end, we conducted a geomorphological characterization, sampling of 8 profiles for characterization of the area and takes 20 samples for fertility. The physical and chemical properties were significantly different in the 8 soil profiles for characterization of the area, although they share some common traits. The floors of the 20 samples showed fertility neutral to moderately acidic sandy texture and generally, restrictive conditions for production. The percentage of organic matter is low and the exchange capacity is very low, although high levels of exchangeable bases of Ca and Mg. Moreover, in the area significantly influence morphometric parameters to provide greater loss of nutrients and therefore the degradation. In conclusion, increased productivity can be achieved if soil fertility is improved through practices such as the addition of organic materials which take into account the ecological and productive.

Key Words: *Fertility, Soil and Motozintla.*

Introducción

Por la gran importancia que representa el suelo para la vida del hombre y de todos los seres vivos, este recurso se debe conservar. Sin embargo, en la actualidad está seriamente amenazado por la práctica de sistemas de producción inadecuados o mal aplicados, que incluso han acelerado los procesos de erosión y desertificación de grandes zonas. De igual forma, la industrialización y urbanización han generado una gran cantidad de desechos que son incorporados al suelo, lo cual ocasiona tanto la reducción de su fertilidad como la modificación de sus procesos naturales.

El análisis físico y químico de los suelos es considerado como el medio adecuado para el diagnóstico de problemas de producción relacionadas con la fertilidad de suelos. En el sentido más estricto de la palabra, el término análisis de suelo considera la determinación del estado nutritivo del suelo

incluyendo la interpretación, evaluación y en algunos casos la recomendación de prácticas de restauración. Por otro lado, esta caracterización general, podría ser usada como un indicador de apoyo para la interpretación de resultados de análisis de suelos de la zona.

El conocimiento de las características físicas y químicas de los suelos de una región determinada permite predecir en forma muy general cuales son los problemas nutrimentales, que podrían ocurrir con mayor frecuencia y a su vez tener una afectación en los cultivos.

Son innumerables los reportes de literatura acerca de los beneficios en la fertilidad del suelo logrados por las adiciones de enmiendas orgánicas y, más precisamente, por las aplicaciones de compostas maduras. Para citar algunos, los trabajos León-Nájera *et al.* (2006), realizaron el siguiente trabajo de la Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos en los Altos de Chiapas, México; Vergara-Sánchez *et al.* (2005), realizaron un trabajo de La fertilidad de los suelos de ladera de la Sierra Norte de Oaxaca, México; Pool-Novelo *et al.* (2004), realizaron un trabajo concerniente a los Mejoradores de la fertilidad del suelo en la agricultura de ladera de los altos de Chiapas, México.

El presente trabajo tiene por objeto evaluar la fertilidad de los suelos en laderas y valle de Motozintla, mediante una serie de estudios físicos y químicos para conocer los posibles factores que están limitando a los diferentes cultivos y formular eventualmente las recomendaciones apropiadas para mejorar la productividad de los suelos de la zona.

Materiales y Métodos

Para toma de muestras de suelos se reconoció la zona durante el recorrido en campo y se realizó los mapas en base a las principales características geomorfológicas como ríos y pendiente. Para la obtención de mapas se calcularon los parámetros morfométricos como son: densidad de ríos, disección vertical, pendiente y el orden de ríos (Lugo, 1988) utilizando la base cartográfica de INEGI (2006) escala 1: 50 000, un Modelo Digital de Elevación (1:50,000), la información fue digitalizada utilizando las herramientas del software de sistemas de información geográfica o SIG, Arc View versión 3.2 y Arc Gis Map; utilizando diferentes módulos de análisis espacial como Spatial Análisis y 3D Analyst. Posteriormente, se delimito la cuenca de la zona de estudio con el análisis hidrográfico y de las curvas de nivel, la cual fue ajustada mediante digitalización manual con el software. De acuerdo a la información cartográfica y geomorfológica, se seleccionaron al azar los sitios de muestreos en la zona de estudio y se planificó el muestreo de 8 perfiles de suelos, a los cuales se describieron las características morfológicas y se referenciaron los sitios con la utilización del GPS. Para fines de fertilidad, se colectaron 20 muestras de suelos de 0-20 cm. correspondientes a la zona de mayor desarrollo radical. Se registraron datos de campo sobre los usos de los suelos. Se colocaron las muestras en una bolsa plástica, y se etiquetaron con los datos correspondientes para identificarlas debidamente. En la identificación se registraron los siguientes datos: Número de muestra y el tipo de cultivo que se tiene en el lugar muestreado (Muñoz *et al.*, 1990) y se referenciaron los sitios con la utilización del GPS. Una vez preparada la muestra de campo mediante el secado, molido y tamizado con malla de 2 mm, se procedió al análisis físico (color, D.A., D.R. porosidad y textura) y químico (pH, M.O., C, C.I.C, Ca y Mg) siguiendo métodos establecidos en el laboratorio de suelos.

Resultados y Discusión

Cuadro 1. Análisis de las propiedades físicas para caracterizar el área del suelo de Motozintla.

Perfil	Prof. (cm)	Clase textural	Color		Porosidad %
			Seco	Húmedo	
1	180	Arenosa, franca-arenosa y franca-areno-arcillosa	Pardo amarillento	pardo amarillento oscuro en húmedo	49
2	110	Franca Arenoso.	Pardo claro	pardo intenso en húmedo	entre el 42 a 52
3	152.5	Arenosa y arenosa franca.	Gris claro a pardo amarillento claro	gris oscuro a pardo amarillento oscuro	37 a 55
4	81	Arenosa y arenosa franca	Pardo amarillento claro	pardo oscuro	48
5	97	Franca arena-arcillosa, franca arenosa y arenosa	Pardo pálido a amarillo cobrizo	pardo oscuro a amarillo cobrizo	50.84
6	79	Franca arenosa a arenosa franca.	Pardo amarillento a gris claro	pardo grisáceo muy oscuro a gris cobrizo claro	45.82
7	150	Franca Arenosa.	Pardo pálido	pardo amarillento	49.6
8	95	Franco arenoso	Pardo amarillento oscuro	pardo amarillento oscuro	55.44

Los colores oscuros pueden indicar la presencia de complejos de materia orgánica con óxidos de hierro, de carbón, de óxidos de manganeso y/o de magnetita (Montenegro y Malagón, 1990). En la zona la mayor parte de los suelos presentaron una coloración de pardo amarillento a pardo rojizo y pocos con coloraciones grisáceas, lo que nos indica bajo contenido de materia orgánica.

En los suelos la densidad aparente es dependiente de la porosidad, y por esto mismo, adquiere valores muy variables aún en un mismo tipo de suelo, y es muy afectada por las actividades de manejo y la cantidad de MO (Warrick, 2002).

De acuerdo a las propiedades físicas el color predominante de las muestras es pardo en seco y pardo rojizo en húmedo. Las muestras 13, 17, 18 y 19 presentan coloraciones grisáceas. Los valores de densidad aparente en la mayoría de las muestras se encuentran por debajo del valor crítico (1.35 g/cm^3), ya que fluctúan entre 0.87 g/cm^3 a 1.27 g/cm^3 . Con mayor frecuencia se presentan valores por debajo de 1.17 g/cm^3 . El valor máximo que se encontró fue de 1.47 g/cm^3 correspondiente a la muestra 3. El valor mínimo fue de 0.87 g/cm^3 correspondiente a la muestra 5. Los valores de densidad real en la mayoría de las muestras se encuentran por debajo del rango de 2.60 a 2.75 gr/ml. El valor máximo que se encontró fue de 2.61 g/cm^3 correspondiente a la muestra 20. El valor mínimo fue de 2 g/cm^3 correspondiente a la muestra 8 (Fig. 1). Los valores de porosidad están por encima del 38 por ciento. El valor máximo que se encontró fue de 57.47 por ciento correspondiente a la muestra 20 y el mínimo es de 38.23 por ciento correspondiente a la muestra 20 (Fig. 2). Todas las muestras se caracterizan por tener textura arenosa. La clase textural con mayor frecuencia que se presenta es franca arena-arcillosa. Suelos con texturas arenosas tienden a tener densidades mayores que suelos más finos (Donoso 1992), esto se puede notar en las muestras de texturas arenosa y franca arenosa como se muestra en los cuadros 1 al 8. Debido a ello, en los suelos arenosos hay un rápido movimiento de aire y agua en el interior, mientras que en los suelos arcillosos, por la deficiente circulación del aire y agua, la infiltración se ve limitada y genera un ambiente anaeróbico, que afecta el desarrollo de la raíz y el crecimiento de las plantas en general (Scott 2000; Warrick 2002). Lo anterior se ve reflejado en las muestra de fertilidad 5, 10, 12, 14 y 15 que presentaron texturas franco arcillo arenoso por eso los terrenos son notablemente más afectados.

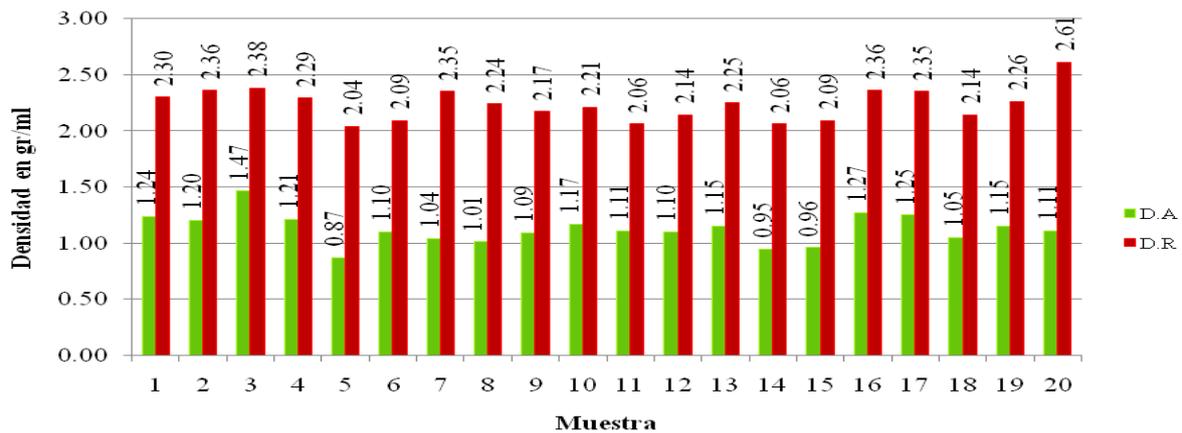


Figura. 1. Densidad Aparente y Real de las muestras de fertilidad de 0 a 20 cm. de los suelos.

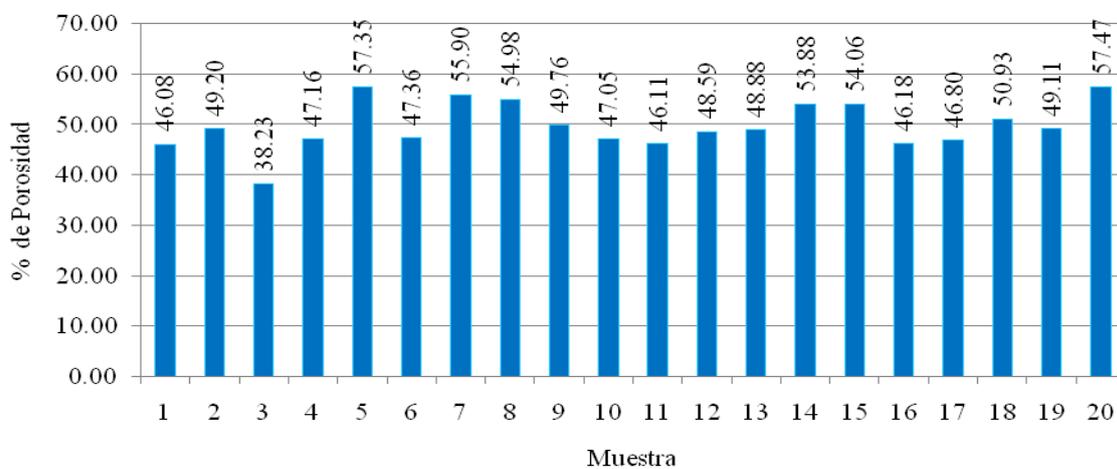


Figura. 2. Porcentaje de porosidad de las muestras de fertilidad de 0 a 20 cm. de los suelos.

De acuerdo a las propiedades químicas la mayor parte de las muestras presentan trazas y van de niveles muy bajos a bajos. La muestra 16 es la única que la presencia de alofano es muy alto. Las muestras de la 9 a la 13 no presentan alofano. Los suelos provenientes de rocas básicas tendrán un pH más alto que aquellos formados de rocas ácidas como el granito. Parte de la zona se caracteriza por presentar material metagranítico y vegetación de bosque de pino-encino por tanto las muestras 1 y 7 presentan un pH fuertemente ácido, por los aportes provenientes de la descomposición de la materia orgánica, principalmente compuesta por acículas de *Pinus spp* (Shoji *et al*, 1993).

La mayoría de los valores de pH en agua se encuentran arriba de un pH 6, el máximo fue de pH 7.6 correspondiente a la muestra 2. El pH de las muestras se encuentran en un rango de pH 4.7 a 7.6. Los valores en KCl 1N alcanzaron valores arriba de pH 4.07, con un valor máximo pH 7.08 correspondiente a la muestra 3. De acuerdo a los valores obtenidos se puede observar que la mayoría de las muestras tienen un pH moderadamente ácido mientras las demás muestras presentan neutralidad. Los contenidos de materia orgánica descienden con la profundidad (Bertsch, 1995), en los horizontes superficiales de los perfiles presentaron mayor contenido de MO. Considerando los valores de materia orgánica de acuerdo a la NOM-021, el contenido de materia orgánica en las muestras de fertilidad son bajos, medios y un poco altos, contenidos que pueden estar indicando procesos de lavado o erosión debidos al mal uso y manejo de los suelos. Sin embargo debido al efecto físico del tamaño de las partículas, la materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos y aumenta la capacidad de aireación de suelos arcillosos (Dattari, 2004). El porcentaje de materia orgánica de las muestras va de 0.71 a 6.9 por ciento. El valor más alto de materia orgánica es 6.9 por ciento correspondiente a la muestra 8 representando un valor muy alto. El valor mínimo fue de

0.71 correspondiente a la muestra 3. Para la mayoría de las muestras el porcentaje de materia orgánica es medio. Los porcentajes de carbono son bajos en todas las muestras. La capacidad de intercambio catiónico se encuentra en un rango de 1.59 a 5.28 meq/100gr. El valor con mayor frecuencia es mayor de 2 meq/100gr. De acuerdo a la clasificación de la fertilidad de los suelos la C.I.C. es muy baja. El contenido de calcio es variable en las muestras pero aun así en la mayoría tiene niveles altos de Ca y Mg, la concentración mayor es de 31.61 correspondiente a la muestra 12. La disminución de la CIC ha promovido una menor retención de cationes básicos en el suelo, lo cual es notorio al observar la tendencia en los contenidos de calcio y magnesio. El contenido de calcio y magnesio en los suelos es relativamente bajo debido posiblemente a que tiende a perderse por lixiviación o drenaje.

Conclusión

En este estudio se evaluó la fertilidad de los suelos en laderas y valle de Motozintla, para lo cual se describieron morfológicamente a los suelos en el campo y se llevaron a cabo los análisis físicos y químicos respectivos. El tipo de material parental, granítico, influye altamente en las propiedades físicas y químicas de los suelos considerados, así como a las condiciones climáticas, generando suelos en su mayoría arenosos y por tanto susceptibles a erosionarse.

En cuanto a las propiedades químicas, los suelos presentan condiciones de acidez que van de 4.7 y 5.4 respectivamente, estos valores están asociados a la naturaleza del material parental ígneo granítico y principalmente al tipo de vegetación de pino encino. En tanto, las muestras 3 al 8 muestran un pH que oscila entre 6 y 8, asociados a una variación en el material parental más básico metagranítico. El contenido de materia orgánica en general es bajo, con valores que van de 0.64 a 3.42 por ciento. Esta condición hace que se considere que la fertilidad de los suelos en la mayor parte de la zona se considere baja, ya que la materia orgánica es la fuente más importante de nitrógeno y fósforo, por lo que las deficiencias de nutrientes y la exposición de los suelos a la erosión por estar ubicadas en fuertes pendientes y fuertemente deforestados, contribuyen al empobrecimiento de los suelos y por tanto a la disminución de la productividad de cultivos en forma sensible.

En cuanto a bases cambiables, se encontraron valores de 1.36 a 5.48 meq./100 gr. estos valores corresponden a la presencia de estos elementos por el fuerte intemperismo de los feldespatos que caracterizan las rocas graníticas. En general la baja fertilidad y el deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos en la zona es ocasionado por el manejo inadecuado, la deforestación, el uso agrícola de rosa-tumba-quema y factores morfométricos que favorecen la erosión y pérdida de la capa fértil del suelo. Por la problemática es urgente el establecimiento de prácticas sustentables de manejo, conservación y restauración de suelos, considerando las características físicas y químicas del área, desde la reforestación, abonos verdes, rotación de cultivos, labranza mínima, abonamiento orgánico y otras.

Literatura citada

- Bertsch H, Floria. 1995. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2ª Edición. Oficina de publicaciones de la Universidad de Costa Rica.
- Shoji, S., M. Manzyo and R. Dahlgren. 1993. Volcanic ash soils: genesis, properties and utilization. Developments in Soil Science 21. Amsterdam, The Netherlands.
- Montenegro, H y D. Malagón. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá. pp.813.

EFFECTO DEL USO DE PURÍN DE CERDO Y UREA EN LA FERTILIDAD DEL SUELO

Domínguez, Sara G., Faz, Ángel y Zornoza, Raúl.

Grupo de Gestión Aprovechamiento y Recuperación de Suelos y Aguas. Dpto. de Ciencia y Tecnología Agraria. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 52, 30203, Cartagena, Murcia (España). E-mail: sara.dominguez@upct.es, angel.fazcano@upct.es.

Resumen

Este estudio consiste en comparar la aplicación de purín de cerdo en bruto y tratado con la fertilización con urea en un cultivo de almendro situado en Cartagena (SE España), con el fin de observar los efectos en la fertilidad del suelo. En la granja de origen el purín sufre un tratamiento de separación física, de la que se obtiene purín líquido y sólido que son aplicados al suelo conjuntamente con el purín en bruto sin tratar. Seis meses después de la enmienda se estudiaron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico (C_{org}), textura, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y nutrientes (Na, K, Mg y Ca). De los resultados se pone de manifiesto que CIC, C_{org} , Na y K disminuyen en la parcela fertilizada con urea. El uso de purines de cerdo incrementa la fertilidad del suelo debido a la materia orgánica y nutrientes que aporta. Este estudio demuestra que la fertilización con residuos orgánicos favorece la fertilidad y calidad del suelo en comparación con el uso de fertilización química, independientemente del pretratamiento que haya sufrido el purín.

Palabras clave: *purín de cerdo, capacidad de intercambio catiónico, fertilidad del suelo.*

Abstract

This study consists of the comparison of the application of raw pig slurries and treated with the urea fertilization in an almond orchard located in Cartagena (SE Spain) with the aim of evaluating the effects in soil fertility. Slurries are obtained from a farm where suffer physical separation obtaining liquid slurry and solid manure, all of them applied to the soil. Six months after the applications these parameters where studied: pH, electrical conductivity (CE), organic carbon (C_{org}), texture, cation exchange capacity (CIC) and nutrients (Na, K, Mg y Ca). The results show that CIC, C_{org} , Na and K decrease in plots with urea. The use of slurries increases soil fertility due to the incorporation of organic matter and nutrients. The study confirms that application of organic residues favours soil fertility and quality in comparison with the use of chemical fertilization, without taking into account the treatment carried out to the slurries.

Key Words: *pig slurry, cation exchange capacity, soil fertility.*

Introducción

Los suelos agrícolas de clima mediterráneo semiárido se caracterizan por tener bajo contenido en materia orgánica, pudiendo deberse a las condiciones de cálidas temperaturas y baja humedad además de los sistemas de cultivo, viéndose expuestos a procesos de erosión y degradación (García et al., 1994; García-Gil et al., 2000). A su vez, estos factores afectan de forma directa la fertilidad de los suelos (Smith et al., 1993). En España, los almendros han sido cultivados durante siglos en la cuenca Mediterránea, siendo Murcia una de las regiones con importante producción de almendra, ya que estos cultivos requieren de climas cálidos y son capaces de tolerar baja pluviometría.

La fertilización con urea y otros abonos inorgánicos ha sido llevada a cabo durante años, aunque también ha sido introducida la fertilización mediante purines de cerdo, la cual implica un aporte de materia orgánica y nutrientes necesarios para los cultivos. La utilización de purines de cerdo como enmienda orgánica en cultivos es una práctica común considerada como una de las mejores formas de gestión de este residuo (González, 2003). Existen trabajos en los que se ha comparado la utilización de fertilización mineral con varias enmiendas orgánicas (Melero et al., 2006) y más concretamente con purín de cerdo (Daudén y Quílez, 2004) obteniendo mejoras en la calidad del suelo y la productividad. El objetivo de este estudio es la comparación entre el uso de purín de cerdo en bruto y tras sufrir un tratamiento mediante separación física, con la fertilización convencional (urea 46%). Todos ellos

aplicados en tres dosis diferentes, para observar sus efectos sobre características indicadoras de la fertilidad del suelo.

Materiales y Métodos

El área de estudio es un cultivo de almendros con una extensión de 8.000 m² situada en Cartagena (SE España). El clima de la zona es Mediterráneo semiárido con una temperatura media anual de 18°C y una pluviometría anual de 275 mm. El suelo es un Haplocalcid típico (Soil Survey Staff, 2010), con un contenido de carbonato cálcico equivalente del 30%.

Los purines utilizados para la realización del estudio se obtuvieron de la granja próxima a la parcela experimental. Además del purín en bruto, se realizó una separación física del mismo, obteniendo purín líquido y sólido para su aplicación al suelo. Además de los purines, se aplicó urea 46% para realizar la comparativa entre fertilizantes. Para esto, se seleccionaron un total de 13 parcelas de 12 m x 30 m, siendo una de ellas la parcela control que no obtuvo ningún tipo de fertilización. Se establecieron tres dosis, siendo la dosis 1 la marcada por la Directiva 91/676/EEC sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario, la cual limita a 170 kg N ha⁻¹año⁻¹ para zonas vulnerables, donde se encuentra el área de estudio. Las dosis 2 y 3 son el doble y triple de la primera. Los fertilizantes se aplicaron en febrero de 2009 y el muestreo de suelo se realizó 6 meses después de la aplicación. Se tomaron aleatoriamente tres muestras superficiales (0 – 25 cm) por parcela.

Los parámetros analizados fueron: carbono orgánico (C_{org}) según Wakley and Black (1934); textura mediante el método de pipeta Robinson; pH y conductividad eléctrica (CE) medidos en agua destilada (1:2,5 y 1:5 p/v respectivamente); capacidad de intercambio catiónico (CIC) según Roig *et al.* (1980); la medida de cationes asimilables (Ca, Mg, Na y K) se realizó en el extracto de BaCl₂ de la determinación de la CIC en el equipo de absorción atómica AAnalyst 800 Perkin Elmer. El ajuste de los datos a una distribución Normal se llevó a cabo mediante el test de Kolmogorov–Smirnov. Para la búsqueda de diferencias significativas entre tratamientos y dosis se realizó el ANOVA de un factor seguido de un test de Tukey a P<0,05.

Resultados y Discusión

No se encontraron diferencias significativas en el valor de pH para ninguna de las parcelas de estudio, siendo estos de carácter básico, resultados que coinciden con los obtenidos por Zornoza *et al.* (2009) en suelos de similares características. Los resultados de CE (Tabla 1) muestran valores significativamente más altos en las parcelas fertilizadas con purín bruto en dosis 2 y 3, obteniendo en el resto de parcelas valores similares a los del control. Este incremento en la CE se puede explicar por la gran cantidad de sales aportadas con el purín.

Con respecto al C_{org} se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 1), con valores más altos para el tratamiento con purín sólido y sin diferencia entre dosis. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Melero *et al.* (2006), donde observaron valores más altos de C_{org} en cultivos con fertilización orgánica que en los que se utilizó fertilización convencional.

En los resultados de CIC, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos y el control, sin embargo, sí se obtuvieron datos significativamente diferentes entre la dosis 2 de purín bruto y dosis 1 de purín sólido con las de urea, siendo los valores de este último más bajos que el resto. A su vez, los valores de CIC son más altos en parcelas donde hay mayor porcentaje de arcillas, debido al carácter eléctrico de las arcillas que favorece la retención de bases (Cobertera, 1993). Se observó una correlación positiva ($r=0.461$, $P<0.005$) entre CIC y C_{org} al igual que mostraron Bernal *et al.* (1992) en suelos calcáreos y fertilizados con purines de cerdo. El porcentaje de limos es similar en todas las parcelas, mientras que existen algunas diferencias en el porcentaje de arenas y arcillas lo que determina las dos clases texturales del suelo de estudio (franco-arcillosa y franca). Estos datos ponen de manifiesto que la fertilización con purín de cerdo mantiene, o incluso puede incrementar, la CIC de los suelos, a diferencia de la fertilización química que tiende a producir una reducción de esta

propiedad directamente relacionada con la fertilidad potencial del suelo. Esto puede deberse al aporte de compuestos orgánicos que mantienen los niveles de materia orgánica en el suelo.

Se observó un incremento en Na y K asimilable en las parcelas fertilizadas con purines, mientras que se produjo un descenso en las que se aplicó urea, resultados que coinciden con los obtenidos por Bulluck *et al.* (2002) y Clark *et al.* (1998) mostrando incrementos de estos nutrientes en parcelas con fertilizantes orgánicos. En el caso de Ca y Mg, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos, pudiendo deberse a la composición mineralógica del suelo al ser estos suelos calcáreos.

Tabla 1. Caracterización del suelo de estudio después de la aplicación de fertilizantes.

Tratamiento	Dosis	pH	Conductividad Eléctrica (dS m ⁻¹)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clase Textural
Control		8,25±0,03	0,46±0,02a	33,08±2,80a	40,01±4,92	26,91±2,14abc	Franco-arcillosa
Purín Bruto	1	8,12±0,08	0,45±0,03a	30,33±3,04a	44,20±9,05	25,47±6,03ab	Franco-arcillosa
	2	7,79±0,33	1,37±0,51c	30,50±1,08a	41,36±2,80	28,14±3,15abc	Franco-arcillosa
	3	7,99±0,17	1,23±0,15bc	30,92±1,91a	42,20±2,02	26,88±1,60abc	Franco-arcillosa
Purín Líquido	1	8,08±0,16	0,48±0,03a	33,26±1,97a	44,16±7,00	22,57±5,05a	Franco-arcillosa
	2	7,84±0,05	0,59±0,51ab	32,09±3,24a	42,49±6,95	25,42±9,91ab	Franco-arcillosa
	3	7,92±0,11	1,06±0,11abc	28,68±1,94a	41,44±3,47	29,88±2,59abc	Franco-arcillosa
Purín Sólido	1	8,17±0,04	0,70±0,07abc	26,19±4,39ab	42,91±2,11	29,90±3,14abc	Franca
	2	8,17±0,08	0,58±0,02ab	15,83±10,25b	44,31±13,33	39,86±4,43c	Franca
	3	7,93±0,27	0,79±0,20abc	27,19±1,69a	35,25±5,16	38,56±4,97bc	Franca
Urea 46%	1	8,18±0,26	0,38±0,25a	24,19±3,54ab	38,00±1,08	38,00±4,53bc	Franca
	2	8,13±0,17	0,44±0,11a	23,48±2,36ab	36,00±0,64	40,00±2,87c	Franca
	3	8,08±0,11	0,42±0,08a	23,12±2,17ab	40,00±5,80	37,00±5,33abc	Franca
<i>F-ANOVA</i> ^a		2,126ns	5,612***	5,125***	0,729ns	5,260***	

^a ***P < 0.001. Letras diferentes indican diferencias significativas (P < 0,05) entre tratamientos y dosis.

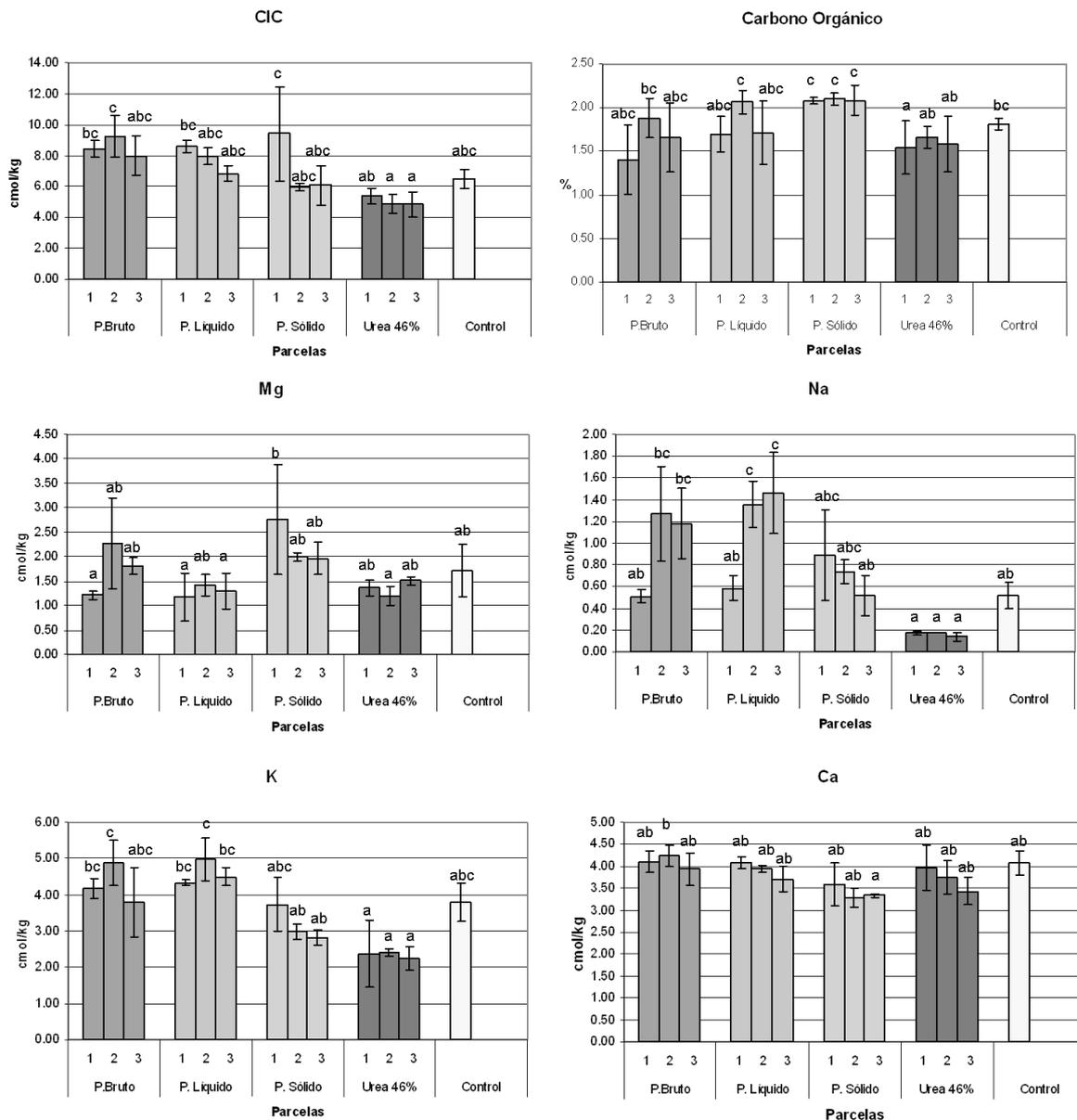


Figura 1. Capacidad de intercambio catiónico (CIC), Carbono Orgánico, Mg, Na, K y Ca asimilables en el suelo control y parcelas fertilizadas con purines y urea en tres dosis diferentes (1, 2 y 3). Letras diferentes indican valores promedio significativamente diferentes según el test de Tukey a $P < 0,05$.

Conclusiones

El uso de purín de cerdo como abono orgánico tiene un efecto positivo en la fertilidad del suelo, ya que incrementa la capacidad de intercambio catiónico y nutrientes como el K. A su vez el purín sólido especialmente, aporta mayores cantidades de carbono orgánico. En comparación, la utilización de urea no incrementa los valores de capacidad de intercambio catiónico ni de varios de los nutrientes, por lo que el uso de purines de cerdo es más positivo para una fertilización más completa de los cultivos.

Agradecimientos

Raúl Zornoza agradece su contrato "Juan de la Cierva" al Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

Literatura Citada

- Bernal, M.P., Roig, A., Lax, A., Navarro, A.F., 1992. Effects of the application of pig slurry on some physico-chemical and physical properties of calcareous soils. *Bioresource Technology*, 42: 233-239.
- Bulluck, L.R., Brosius, M., Evanylo, G.K., Ristaino, J.B. 2002. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*, 19: 147-160.
- Clark, M.S., Horwath, W.R., Shennan, C., Scow, K.M. 1998. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. *Agronomic Journal*, 90: 662-671.
- Cobertera, E. 1993. *Edafología aplicada*. Ediciones Cátedra SA. Madrid. 326 pp.
- Daudén, A., Quílez, D., 2004. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated environment. *European Journal of Agronomy*, 21: 7-19.
- García, C., Hernández, T., Costa, F., 1994. Microbial activity in soil under Mediterranean environmental conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 26: 1185-1191.
- García-Gil, J.C., Plaza, C., Soler-Rovira, P., Polo, A., 2000. Long-term effects of municipal solid waste compost application on soil enzyme activities and microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1907-1913.
- González, B., 2003. Porcino y purín: Situación actual. *Albéitar* n° 62 (Enero-Febrero). Suplemento Especial.
- Melero, S., Ruiz, J.C., Herencia, J.F., Madejon, E., 2006. Chemical and biochemical properties in a silty loam soil under conventional and organic management. *Soil and Tillage Research* 90, 162-170.
- Roig, A., Romero, M., Lax, A., Fernández, F.G. 1980. Estudio comparativo de métodos de determinación de capacidad de cambio catiónica en suelos calizos. *Anales de Edafología y Agrobiología* 39, 2021-2032.
- Smith, J. L., Papndick, R.I., Bezdicek, D.F., Lynch, J.M., 1993. Soil organic matter dynamics and crop residue management. In: Mettin, B. (Ed), *Soil Microbial Ecology*. Dekker, New York, pp. 65-95.
- Soil Survey Staff, 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington DC.
- Walkley, A., Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37, 29-38.
- Zornoza, R., Mataix-Solera, J., Guerrero, C., Arcenegui, V., and Mataix-Beneyto, J., 2009. Comparison of Soil Physical, Chemical, and Biochemical Properties Among Native Forest, Maintained and Abandoned Almond Orchards in Mountainous Areas of Eastern Spain. *Arid Land Research and Management*, 23: 267-282.

ACTIVIDAD FOSFATÁSICA Y DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO EN SUELOS RIBEREÑOS RESERVA DE LA BIOSFERA "LOS VOLCANES"

Cruz Flores Gerardo¹, Huerta Jiménez Ariana¹ y Martínez Ángeles Montserrat¹

Laboratorio de Edafología y Fisiología de la Nutrición Vegetal, UMIEZ L-8 Planta Alta FES Zaragoza, UNAM.

E-mail: edaynuve@gmail.com

Resumen

La disponibilidad de P puede limitar la producción en ecosistemas forestales de forma que la actividad de las fosfatasa es importante debido a su participación en la liberación de P inorgánico ($\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$, HPO_4^{2-}) a partir de P-orgánico de manera que puede ser un indicador de calidad de suelo. El objetivo de este trabajo fue comparar las relaciones entre actividad fosfatasa y la disponibilidad de P de ambientes ribereños de montaña adyacentes a lugares sometidos a diferente tipo de uso de suelo. Se determinó, además de la actividad fosfatasa ácida y alcalina, la densidad aparente, pH, contenido de humedad, material orgánica del suelo (MOS), P extractable y N total. Para determinar estas propiedades del suelo se tomaron muestras compuestas a lo largo de transectos de 30 m con amplitudes de 1 y 5 m en ambos lados de los afluentes. Para la actividad enzimática y densidad aparente se colectaron las muestras con tubos de PVC. Para el análisis de tejido foliar, las muestras fueron tomadas de especies vegetales dominantes. El avance de investigación mostró que la actividad fosfatasa se ve influenciada por el contenido de materia orgánica, pH del suelo y la humedad que son sensibles a cambios de uso del suelo, concluyendo que la actividad de la fosfatasa puede ser utilizada como indicador de calidad de suelo en ambientes ribereños.

Palabras clave: ríos de montaña, suelos forestales, bosques templados, Parque Nacional Izta-Popo.

Abstract

In forest ecosystems, P availability may limit productivity so that phosphatase activity is important as soil quality indicator by releasing inorganic P ($\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$, HPO_4^{2-}) from P-organic. In order to compare the relationships between phosphatase activity and availability of P in soils of riparian environments exposed to different of land use this research was carried. In addition to soil acid and alkaline phosphatase activity, were determined soil pH and moisture and MOS content, P availability and total nitrogen. To determine the physical and chemical properties of soil distant from 1 and 5 m on both sides of the tributaries were formed composite samples collected in transects of 30 m along the river. To determine enzyme activity and bulk density soil samples were taken using PVC tubes. Leaf samples were taken from the most dominant plant species to analyze foliar phosphorus. The advancement in results obtained showed that are sensitive to changes in land use, so the phosphatase activity can be used as of soil quality indicator in the riparian environment.

Key words: mountain rivers, forest soils, temperate forest, Izta-Popo National Park

Introducción

Las zonas ribereñas o riparias proporcionan diversos servicios ambientales como la capacidad de absorber y almacenar elementos, intervienen en la restauración de la calidad de las aguas subsuperficiales, aunado al beneficio de que la vegetación ribera controla la temperatura y luminosidad del agua, incrementa la estabilidad de las orillas evitando la erosión del suelo y proporciona detritos vegetales que reducen la velocidad de la corriente, frenan las crecidas y crean zonas de calma favorables a la instalación de muchas especies animales, entre otros beneficios de orden ecológico (Granados, 2006). Estos ecosistemas han sido afectados por el aumento en asentamientos humanos y el incremento en actividades de agricultura y forestales en las zonas adyacentes a la reserva de biosfera de los volcanes que incluye al Iztaccíhuatl y al Popocatepetl que albergan una comunidad vegetal excepcional de praderas, bosques de pinos, oyamel y donde habitan especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, además sus boscosas montañas captan y filtran el agua que abastece a dos importantes cuencas hidrológicas: la de Valle de México y la del alto Balsas. (<http://iztapopo.conanp.gob.mx>). Debido a este deterioro, la búsqueda de indicadores de calidad del suelo en ambientes ribereños es de vital importancia, con la finalidad de que estos parámetros nos alerten tempranamente de los cambios negativos, y así proceder a su recuperación

porque de su conservación dependen los servicios ambientales brindados a poblados y ciudades de los valles de México, Puebla y Cuernavaca.

Recientemente se ha incrementado el interés por encontrar una medida para evaluar la calidad del suelo. Se ha reportado a la actividad fosfatasa como un indicador de calidad de suelo debido a que está estrechamente relacionada con otras propiedades, por ser sensible a los cambios generados por el uso de suelo y participar activamente en la transformación de P orgánico a inorgánico ($\text{H}_2\text{PO}_4^{1-}$, HPO_4^{2-}) que es esencial en la nutrición vegetal al participar en procesos vitales para las plantas como la fotosíntesis, la respiración, la floración, fructificación y formación de semillas (Cerón, 2005; Astudillo, 2006). El P también contribuye en otras funciones metabólicas por lo que es un elemento esencial y factor limitante en ecosistemas forestales (Vivanco, 1998). El presente trabajo tuvo como objetivo general comparar las relaciones entre actividad fosfatásica y P disponible en suelos ribereños bajo distinto tipo de uso de suelo.

Materiales y métodos

Las propiedades físicas y químicas del suelo evaluadas fueron materia orgánica del suelo (MOS, por el método de Walkley y Black), pH activo 1:2 y potencial 1:2 KCl 1N (Jackson, 1964), densidad aparente y porcentaje de humedad del suelo por el método del cilindro, actividad fosfatasas ácida y alcalina (Método de p-nitrofenil fosfato, Tabatabai, 1994), fósforo extractable, (Método de Bray y Kurtz) y nitrógeno total, método semimicro-Kjeldahl modificado. Se realizó un análisis de la concentración de P en muestras foliares de las especies más comunes. A los datos obtenidos se les efectuó un análisis de varianza (GLM) y una prueba de comparación de medias (Tukey, $\alpha < 0.05$).

Se consideraron seis estaciones o sitios de muestreo en ambientes ribereños del Parque Nacional Izta-Popo, seleccionados en base al diferente uso de suelo:

- Estación 1 (E-1). Ecotono entre pastizal montano y bosque de pino. Cañada Amalacaxco. Sitio cercano a manantial. Altitud 3722 m snm. Vegetación: *Pinus hartwegii*, zacatonal.
- Estación 2 (E-2). Ambiente ribereño, con bosque de pino y oyamel, un bajo grado de perturbación. Potrero. Altitud 3347 m snm. Vegetación: *Abies religiosa* y *Pinus* spp.
- Estación 3 (E-3). Actividades recreativas –Ecoturismo–. Apozonalco. Altitud 2684 m snm. Vegetación *Abies religiosa*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus crassipes*, *Cupressus* spp.
- Estación 4 (E-4). Actividades de agricultura y granjas. Tomacoco. Altitud 2545 m snm. Vegetación secundaria (*Clethra Mexicana*, *Crataegus pubescens*).
- Estación 5 (E-5). Zona adyacente a cultivo de maíz. Tezahuac. Altitud 2517 m snm. Vegetación secundaria a la ribera del arroyo (*Clethra Mexicana*, *Alnus jorullensis*, *Crataegus pubescens*, *Prunus serotina*, *Buddleia sessiliflora*).
- Estación 6 (E-6). Zona adyacente a asentamientos urbanos. Libramiento-Vías. Sitio perturbado con aguas residuales de la población de Amecameca. Altitud 2463 m snm. Vegetación: *Clethra mexicana*, *Alnus jorullensis*, *Buddleia sessiliflora*, césped.

Para la determinación de parámetros físicos y químicos se tomaron muestras compuestas (cuatro submuestras) a una profundidad de 0-20 cm a lo largo del río en un transecto de 30 m con amplitudes de 1 y 5 metros a ambos lados del afluente en diferentes sistemas de tipos de vegetación y uso del suelo. Para la determinación de la actividad enzimática y densidad aparente del suelo, se tomaron muestras en cada sitio con tubos de PVC a una profundidad de 0-10 cm. Los tubos se trasladaron al laboratorio en hielera y se mantuvieron en refrigeración hasta su determinación. Para el análisis de fósforo en tejido foliar se tomó una muestra de las especies dominantes y se trasladó en bolsas de papel estraza.

Resultados y discusión

Según la NOM-021-RECNAT-2000, el suelo del sitio denominado Amalacaxco (3722 m) fue clasificado dentro de la clase de alto contenido de MOS (>16% para suelos volcánicos) mientras que los suelos de Tezahuac y Libramiento con altitudes más bajas (2517 y 2463 m) y donde se desarrollan actividades de agricultura y ganadería se clasificaron dentro de la clase de muy bajo contenido de

MOS (<4%). El análisis de correlación simple mostró que el contenido de MOS fue mayor en las estaciones o sitios con mayor altitud ($r=0.6$ y $p=0.0008$), así,

Con respecto al pH la mayor acidez se encontró en suelos de Amalacaxco (pH=4.7) clasificado como fuertemente ácido (<5.0) y para los sitios restantes (a menor altitud), el pH se consideró como moderadamente ácido (5.1-6.5) de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000. Con el análisis de correlación simple se observó que el pH (activo y potencial) tuvo la tendencia a ser menos ácido conforme disminuyó la altitud ($r=0.7$ $p\leq 0.05$) Cuadro 1.

Cuadro 1. Efecto de altitud y Distancia al arroyo sobre algunas propiedades físicas, químicas y bioquímicas de suelos ribereños.

		Actividad fosfatasa ¹		pH		MOS ⁴	P disponible ⁵	N total ⁷
		ácida	alcalina	activo ²	potencial ³			
Altitud	r=	-0.16	0.11	0.75	0.73	0.60	0.69	0,35
	p=	0.28	0.45	<0.0001	<0.0001	0.0008	<0.0001	0,043
Distancia al arroyo	r=	0.15	0.28	r= 0.15	-0,25	0.24	0.12	0,12
	p=	0.31	0.06	0.34	0.11	0.21	0.44	0,5

¹ Tabatabai, 1994; ² pH relación 1:2 H₂O; ³ pH relación 1:2 KCL 1N; ⁴ Walkley y Black; ⁵ Bray y Kurtz modificado; ⁶ Método del cilindro; ⁷ Método semimicro-kjeldahl

Con el análisis de correlación simple se encontró que hay diferencia en el contenido de humedad en las diferentes estaciones de estudio ($r=0.61$ y $p=0.0001$) y conforme disminuye la altitud se pierde humedad del suelo.

La altitud fue un factor que influyó sobre el contenido de N total con la misma tendencia observada para los contenidos de MOS, pH y contenido de humedad del suelo (Cuadro 2), En Amalacaxco a distancias de 1 y 5m del caudal de río se encontró el contenido en nitrógeno más alto, seguido de Tezahuac 1m y Apozonalco 1m que son sitios con mayor contenido MOS

El contenido porcentual de N total en los suelos de estos sitios (intervalo 0.30-0.80%) fue clasificado como medio con base en la NOM-021-RECNAT-2000 para suelos volcánicos y para los suelos de los otros sitios el porcentaje de N (<0.30%) se consideró como bajo.

Respecto a la disponibilidad de P, los resultados indican que ésta aumentó conforme disminuyó la altitud con un valor mínimo en Amalacaxco de 0.27 mg kg⁻¹ y un máximo de 0.81 mg kg⁻¹ en Tezahuac, este contenido en fósforo es especificado de manera aproximada por la NOM-021-RECNAT-2000 como bajo (<15 mg kg⁻¹).

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas del suelo

Estación Muestreo	pH H ₂ O		pH NaF		pH KCl		CE		DA		Humedad		N total	
	1m	5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m
Altitud m snm	-----%-----													
E1 (3722)	5.4	4.7	9.9	9.8	4.8	3.9	0.10	0.11	1.1	0.9	38.4	40.8	0.320	0.646
E2 (3347)	5.6	5.3	10.1	10.2	5.3	5.1	0.07	0.07	1.3	1.3	27.9	32.5	0.193	0.215
E3 (2684)	5.6	6.0	10.4	10.3	5.2	5.2	0.09	0.06	0.9	1.0	24.4	17.8	0.304	0.256
E4 (2545)	6.4	6.7	10.2	9.7	6.1	6.2	0.14	0.19	0.7	0.8	24.2	21.9		
E5 (2517)	6.1	6.1	9.5	9.5	5.4	5.4	0.10	0.10	1.3	1.2	33.9	22.3	0.339	0.209
E6 (2463)	6.1	6.1	9.5	9.5	6.1	5.6	0.18	0.13	1.2	1.1	11.5	11.3	0.242	0.242

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

Estación de muestreo	MOS		P extractable		Fosfatasa ácida		Fosfatasa alcalina	
	-----%-----		-----ppm-----		-----µg p-NP g ⁻¹ h ⁻¹ -----			
Altitud m snm	1m	5m	1m	5m	1m	5m	1m	5m
E1 (3722)	9.6	18.9	0.078	0.096	0.000466	0.000839	0.000246	0.000337
E2 (3347)	4.2	6.8	0.097	0.079	0.000575	0.000781	0.000279	0.000339
E3 (2684)	8.3	7.0	0.134	0.142	0.000229	0.000311	0.000144	0.000149
E4 (2545)	6.8	6.5	0.149	0.276	0.000944	0.001060	0.000583	0.000863
E5 (2517)	4.9	2.2	0.134	0.149	0.000619	0.000402	0.000212	0.000114
E6 (2463)	2.2	5.4	0.244	0.411	0.000499	0.000839	0.000189	0.000373

Las fosfatasas están relacionadas con el P-disponible del suelo ya que se encontró que a mayor contenido de P-disponible hubo menor actividad de las fosfatasas (Figura 1).

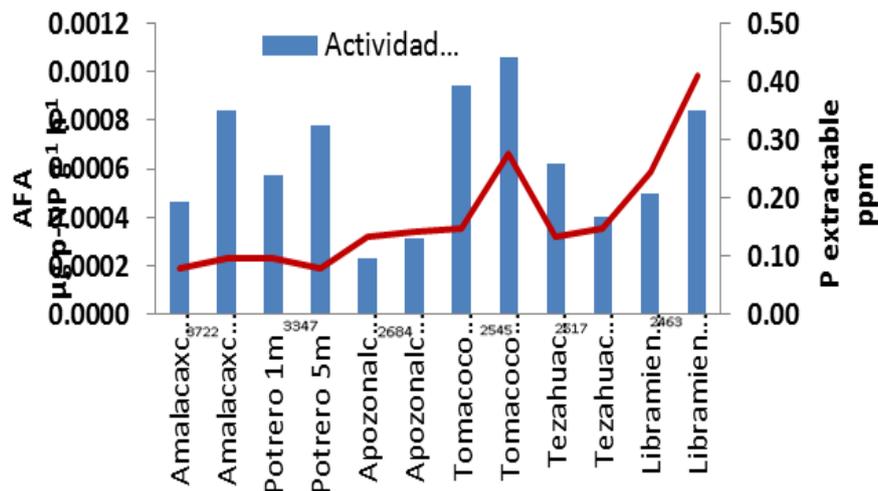


Figura 1. Relación de actividad fosfatasa ácida con el P extractable. El gráfico muestra que la disponibilidad de P incrementa considerablemente al disminuir la altitud.

Los resultados obtenidos mostraron una mayor actividad de la fosfatasa ácida comparada con la actividad fosfatasa alcalina (Figura 2), dado que los suelos de la zona de estudio son de origen volcánico, por lo tanto su naturaleza ácida favorece una mayor expresión de las fosfomonoesteras, esto sostiene lo propuesto por Dick y Tabatabai (1984); en que las fosfatasas ácidas dominan en suelos ácidos.

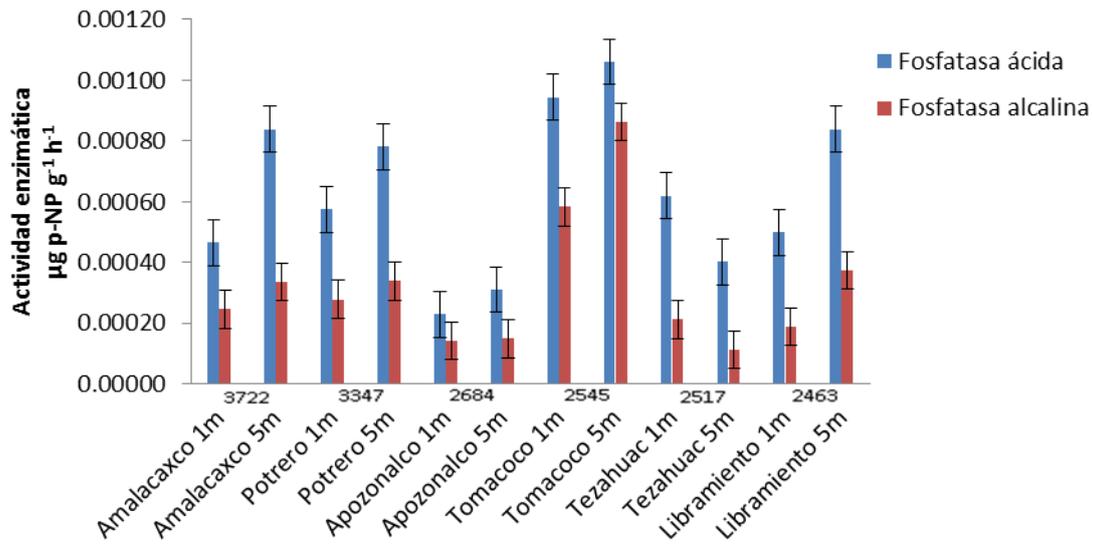


Figura 2. Actividad fosfatasa ácida y alcalina. El gráfico muestra una mayor expresión de la fosfatasa ácida

Conclusión

Los análisis de correlación mostraron que no hay diferencia significativa de las propiedades físicas y químicas del suelo a diferentes distancias del caudal del río, pero si hay variación de las propiedades del suelo con respecto a la altitud.

La altitud juega un papel importante en el uso de suelo. Debido a la cercanía de los poblados, en estaciones con altitudes menores hay presencia de cultivos, granjas y áreas destinadas a actividades recreativas de tal manera que hay mayor presión sobre los recursos naturales que en las estaciones más cercanas al interior de la Reserva de la Biosfera "Los volcanes" donde el uso de suelo es forestal.

Las diversas actividades del manejo de este recurso generan cambios en sus propiedades, a los cuales la fosfatasa ácida y alcalina responde por estar fuertemente relacionada con las propiedades del suelo, por lo que puede ser indicadora del grado de conservación de la zona de estudio.

Bibliografía

- Granados, D. 2006. Ecología de zonas ribereñas. Revista Chapingo año/vol. 12, número 001 pp. 55-69.
- Cerón, L. 2005. Enzimas del suelo: indicadores de salud y calidad. Acta Biológica Colombiana, Vol. 10 No. 1. pp. 6-16.
- Parque Nacional Izta-Popo. Disponible en: <http://iztapopo.conanp.gob.mx>. Fecha de acceso: Septiembre, 2010.
- Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.
- Vivanco E, R. A. 1998. Eficiencia de uso de N y P y su relación con nitrato reductasa y fosfatasa ácida en trigo, Triticale y maíz. Tesis licenciatura UNAM.
- Astudillo, Y. 2006. Fosfatasa ácida y alcalina del suelo y su efecto en la disponibilidad del P en suelos de bosques templados de México. Tesis licenciatura, UNAM.

PARAMETROS GENETICOS Y RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ CON LINEAS ENDOGÁMICAS EN EL CENTRO-NORTE DE MÉXICO

Luna Ortega J. Guadalupe ^{*1}, Cisneros Rodríguez Willy ², Luna Hernández Jorge ², Varela Sánchez Luis Felipe ², González Domínguez Gerardo ², González Salas Uriel ³ Y Gallegos Robles miguel Ángel ⁴.

^{*1} Alumno de doctorado en Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en Zonas Áridas y Semiáridas, Correo electrónico: lupe_lunao@yahoo.com.mx, ²Alumnos de Licenciatura de la FAZ-UJED, ³Alumno de Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable, ⁴Dr. Investigador de la Facultad de agricultura y Zootecnia- UJED

Resumen

El objeto fue determinar los componentes genéticos de cruzas simples de maíz de grano e identificar las mejores combinaciones híbridas, se utilizaron 24 líneas endogámicas provenientes de la UAAAN-UL, INIFAP y CIMMYT, donde 12 líneas se utilizaron como progenitor macho y el resto como hembras, con un diseño de apareamiento genético de Carolina del Norte II. El experimento se realizó durante los años 2006 y 2007; en el 2006 se realizaron las cruzas en el campo experimental de la UAAAN-UL. En el 2007 se evaluaron las 144 cruzas formadas en dos localidades del centro-norte de México (Comarca Lagunera y Aguascalientes); en la Comarca Lagunera en los ciclos P-V y O-I y, en Aguascalientes sólo en primavera. En ambas localidades se usó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones. Se tomaron datos de: Rendimiento de grano (RG), diámetro de mazorca (DMZ), longitud de mazorca (LMZ), número de hileras por mazorca (NHMZ), número de granos por hilera (NGH), altura de la mazorca (AMZ), floración masculina (FM), y peso de mil granos (PMG). De los ambientes anteriores se puede concluir que. Los ambientes fueron diferentes, porque el ambiente de la comarca Lagunera obtuvo el mejor rendimiento de grano. y es probable que influyera en los rendimientos de las cruzas 2x19, 3x18, 8x23, 9x24 y 11x22. varianza aditiva ($\sqrt{A^2}$) supero 3 y 4 veces que la varianza de dominancia; el grado de dominancia (d) presento valores menores a la unidad, en todas excepto en DMZ para estas variables lo que indica expresión de sobredominancia.

Palabras clave: *Zea mays*, componentes genéticos y aptitud combinatoria

The object was to determine the genetic components of single crosses of maize grain and identify the best hybrid combinations were used 24 inbred lines from the UAAAN-UL, INIFAP and CIMMYT, where 12 lines were used as parent male and the rest as females, with a design of genetic mating of North Carolina II. The experiment was conducted during the years 2006 and 2007; in 2006 it carried out the crosses in the experimental field of the In 2007 we evaluated the 144 crosses formed in two locations in the center-north of Mexico (Comarca Lagunera and Aguascalientes); in the Comarca Lagunera in cycles P-V and O-I, and in Aguascalientes only in spring. In both locations using a randomized block design with two replications.

Data were also collected: grain yield (RG), diameter of cob (DMZ), length of cob (GOPHER), number of rows per ear (NHMZ), number of grains per row (NGH), height from the cob (azm), flowering male (FM), and weight of a thousand grains (PMG). In the previous environments it can be concluded that. The environments were different, because the environment of the comarca Lagunera won the best grain yield and is likely to influence the yields of the crosses 2x19, 3x18, 8x23, 9x24 and 11x22. Additive variance ($\sqrt{A^2}$) exceeded 3 and 4 times that the variance of dominance; the degree of dominance (d) introduced lower values of unity, on all except in DMZ for these variables which indicates expression of sobredominancia.

Key Words: *Zea mays*, genetic components and fitness combinatorial

Introducción

Este cereal es el principal cultivo del pueblo mexicano, no solo por lo que representa como grano, alimento básico, sino como uno de los más importantes insumos para la ganadería. El grano que se destina a la producción pecuaria, en su mayor parte. En la Comarca Lagunera, ubicada en el Norte de México, se siembran anualmente 15 000 ha de maíz de grano en su mayoría con híbridos comerciales.

Para tal efecto, existen diversos diseños genéticos que facilitan su estimación. De los más utilizados se encuentran los propuestos por Comstock y Robinson (1948,1952) denominados o mejor conocidos como Carolina del Norte, para estimar las varianzas genéticas aditiva ($\sqrt{A^2}$) y dominancia ($\sqrt{D^2}$). El presente trabajo se realizó con el propósito de estimar el tipo de acción génica involucrado en 24 líneas de maíz y sus combinaciones, utilizando el esquema del Diseño II de Carolina del Norte.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila y en el ejido el Niágara del estado de Aguascalientes. Se originaron 144 cruza, las cuales se evaluaron en un diseño experimental de bloques al azar, con dos repeticiones por localidad. La parcela experimental fue de dos surcos de dos metros de largo y 0.70 m de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población aproximada de 85,000 plantas ha^{-1} ; el riego se aplicó con cintilla, procurando mantener un buen nivel de humedad durante el ciclo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano (RG), floración masculina (FM), granos por hilera (GHI), peso de mil granos (PMG), número de hileras (NOHI), longitud de la mazorca (LMZ), diámetro de la mazorca (DMZ), y altura de la mazorca (AMZ). Se realizó el análisis genético con el diseño II de apareamiento de Carolina del Norte de Comstock y Robinson (1948), con el siguiente modelo lineal:

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, se observan las varianzas aditivas ($\sqrt{A^2}$), ($\sqrt{D^2}$), ($\sqrt{F^2}$) y ($\sqrt{G^2}$) además del grado de dominancia, (d) heredabilidad en sentido estrecho (h^2) y amplio (H^2) y Medias, de rendimiento y sus componentes donde para el rendimiento de grano (RG) y todas sus variables. La varianza aditiva ($\sqrt{A^2}$) fue de 3 y 4 veces superior que la varianza de dominancia ($\sqrt{D^2}$) respectivamente; el grado de dominancia (d) presentó valores menores a la unidad, en todas excepto en DMZ lo que indica expresión de sobredominancia.

Cuadro 1. Valores estimados de los principales parámetros genéticos de ocho variables de maíz UAAAN, Torreón, Coahuila y Aguascalientes, Ags. 2007.

CARACT	$\sqrt{A^2}$	$\sqrt{D^2}$	$\sqrt{F^2}$	$\sqrt{G^2}$	D	H^2	h^2	MEDIA
RG ($kg\ ha^{-1}$)	0.04	.014	1.33	0.054	0.83	4.0	3.00	10,987
Fm (días)	80.74	30.36	10.23	111.1	0.87	1.0	71.3	77.38
GHi	125.9	20.86	289.1	146.7	0.58	50.7	43.5	37.45
PMG (g)	0.02	0.003	0.277	0.019	0.61	6.8	5.7	252
NOHi	18.53	2.14	23.9	20.67	0.48	86.4	77.5	14.86
LMZ (cm)	0.01	0.001	0.017	0.0073	0.66	42.9	35.2	17.00
DMZ (cm)	0.0001	0.0002	0.017	0.0003	1.49	1.7	0.58	4.40
AMZ (m)	8.74	0.07	10.23	0.664	0.48	204.3	85.4	1.33

RG= Rendimiento de grano, Fm= Floración masculina, GHi= Granos por Hilera, PMG= peso de mil Granos, NOHi= Número de Hileras, LMZ= longitud de la mazorca, DMZ= Diámetro de la Mazorca, AMZ= Altura de la Mazorca, varianza Fenotípica ($\sqrt{F^2}$), aditiva ($\sqrt{A^2}$), de dominancia ($\sqrt{D^2}$), grado de dominancia (d), heredabilidad (h^2),

Los rendimientos de grano (RG) y siete características de 15 cruzas se pueden observar en el Cuadro 2, donde las cruzas más sobresalientes en rendimiento de grano (RG) fluctúan entre 12,296 a 14,493 Kg ha⁻¹, donde las cruzas 2x19, 2X14, 9X24, 3X18 y 2x17 exhibieron significativamente promedios del mayor RG; resalta la cruz 2x19 quien también exhibió significativamente valores aceptables de GHI (44.4), LMZ (18.5 cm), DMZ(4.6 cm), pero la mayor AMZ(1.6m). La cruz 2x14 para GHI (40.3), LMZ (19.1 cm) y DMZ(4.8 cm). Los valores del rendimiento del grano (RG) de las mejores, muestran una media de rendimiento de 12,897 Kg ha⁻¹ que resulta superior al mejor híbrido de la región reportado por Gutiérrez *et al.* (2002).

Cuadro 2. Promedio de 15 cruzas con mayor rendimiento de grano y siete características generadas por el diseño II de Carolina del Norte en 3 ambientes, 2007.

CRUZA	RG (kg / ha)	FM	GHI	PMG (g)	NOHI	LMZ (cm)	DMZ (cm)	AMZ (M)
2 x 19	14,493	79	44.44	290	14.77	18.5	4.6	1.63
2 x 14	13,851	80	40.33	300	14.00	19.1	4.8	1.23
2 x 17	13,037	79	38.10	258	15.2	18.0	4.6	1.48
3 x 18	13,209	78	36.82	226	15.16	16.3	4.3	1.28
2 x 20	12,765	79	40.59	263	14.32	17.8	4.5	1.37
6 x 17	12,518	79.5	38.83	286	16.21	17.8	4.6	1.26
5 x 18	12,345	78	40.99	208	14.99	17.0	4.0	1.36
7 x 14	12,419	80	36.88	331	14.88	14.6	4.	1.54
7 x 24	12,345	79.5	36.15	291	15.65	16.5	4.8	1.36
7 x 17	12,296	80	34.94	286	14.99	15.8	4.5	1.6
9 x 24	13,481	78.5	35.93	310	15.33	17.1	4.8	1.39
9 x 14	12,864	78	38.94	271	15.43	19.1	4.5	1.36
8 x 23	12,814	75.5	37.71	266	14.94	16.5	4.6	1.33
10 x 15	12,419	80.5	40.15	301	13.74	18.5	4.8	1.36
11 x 22	12,592	81.5	31.65	298	14.54	18.3	4.6	1.4
DMS	1,565	3.0	1.5	16	0.35	1.1	0.3	0.06

RG= Rendimiento de grano, FM= Floración masculina, AMZ= Altura de mazorca, DMZ=Diámetro de la mazorca, LMZ= Longitud de la mazorca, NOHI= Numero de hileras, GHI=Granos por hileras, PMG=Peso de mil granos. * (0.05) de significancia.

Conclusiones

Las cruzas más sobresalientes fueron: 2x19, 2x14, 2x17, 3x18 y 9x24 presentaron rendimientos de grano (RG) superiores a la media. Basados en las 15 cruzas superiores a la media los parámetros; FM, PMG, NOHI y AMZ, son de utilidad para seleccionar los mejores híbridos. La varianza aditiva ($\sqrt{A^2}$) fue el efecto genético más importante porque superó en tres y cuatro veces varianza de dominancia; el grado de dominancia (d) presentó valores menores a la unidad, en todas los parámetros excepto en DMZ lo que indica expresión de sobredominancia.

Literatura citada

- Comstock, R. E. and H. F. Robinson-(1948). The components of genetic variance in populations of biparental and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4: 254–266.
- Comstock, R- E. and H. F- Robinson-(1952). Estimation of average dominance of genes. *In: Heterosis*. Gowen, J. H. (Ed) Iowa State Press. New York 365 p.
- FIRA- 2008. Boletín de Mercado: maíz. Dirección de Análisis Económico y Sectorial.

PRESENCIA DE *Azospirillum* EN PLANTAS DE AGAVE SALMIANA: VARIEDAD SAN ISIDRO Y CHALQUEÑO DEL MUNICIPIO DE NANACAMILPA, TLAXCALA

López Rosales María Cristina, Tapia Hernández Armando, Carcaño Montiel Moisés, López-Reyes Lucía y Jiménez Salgado Teresita
Laboratorio de Microbiología del Suelo, CICM-IC. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
E-mail: terjimensal@yahoo.com.mx

Resumen

Agave salmiana es una de las 200 especies conocidas como maguey en América Latina. Su distribución en México es en climas subhúmedos, semisecos y secos. Debido a la importancia social, cultural y económica del Agave, es considerado un cultivo ancestral. Las especies de *Azospirillum*, son bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre o en asociación con raíces de plantas, estimulando su crecimiento y desarrollo. El objetivo de este trabajo fue la búsqueda de *Azospirillum* asociadas a plantas de Agave de las variedades San Isidro y Chalqueño, la identificación y caracterización de los aislados se realizó en medios NFb, Rojo Congo y PDA, presentando características similares al género. Se aislaron 53 cepas de *Azospirillum* spp, con actividad reductora de acetileno por arriba de 10 nmol C₂C₄/h/mL. 100% de las cepas crecieron muy bien en ácido málico y ácido succínico, seguido de fructosa y en menor proporción de glucosa. Diferentes aminoácidos promovieron el crecimiento de *Azospirillum*, a la vez inhibieron la actividad de la nitrogenasa a concentración de 10 mM. La cuantificación de auxinas producidas por las cepas fue de 6.9 a 60.3 µg/ml. El 100% de las cepas fueron productoras de IAA, el 60% produjo IPyA y el 13% produjo IAB. Todas las cepas produjeron sideróforos en medio CAS. Las características de fijación de nitrógeno, síntesis de auxinas y producción de sideróforos por las cepas aisladas de *Azospirillum*, indican que pueden proponerse como una estrategia viable para la elaboración de biofertilizantes promotoras de crecimiento y control biológico de patógenos de plantas.

Palabras clave: *Azospirillum*, auxinas, sideróforos.

Abstract

Agave salmiana is one of the approximately 200 species known as maguey in Latin America. Its distribution in Mexico is in subhumid, semi-dry and dry climates. Due its social, cultural and economic importance, Agave is considered an ancestral culture. *Azospirillum* spp. are nitrogen-fixing bacteria of free living or in associated with different plant roots stimulating their growth and development. The aim of this work was the search for plant-associated *Azospirillum* from *Agave salmiana*, San Isidro y Chalqueño varieties, the identification and characterization of isolates was performed in media NFb, Congo Red and PDA, have similar characteristics to the genus. We isolated 53 strains of *Azospirillum* spp. with acetylene reduction activity above 10 nmol C₂C₄/h/mL. 100% of the strains grew well in the presence of malic acid and succinic acid, followed by fructose and glucose to a lesser extent. Different amino acids promoted *Azospirillum*'s growth, simultaneously they disabled the activity of the nitrogenase to concentration of 10 mM. The quantification of auxins produced by the strains was in the range of 6.9 to 60.3 µg/ml. The 100% of *Azospirillum* strain, produced IAA, 60% produced IPyA and 13% produced IAB. All strains produced siderophores when grown in CAS media. The characteristics of nitrogen fixation, synthesis of auxin and production of siderophores by the strains of the genus *Azospirillum* indicate that may be proposed as a viable strategy for the development of bio-fertilizers like growth-promoting and biocontrol of plant pathogens.

Key Words: *Azospirillum*, auxins and siderophores.

Introducción

Entre las plantas más conspicuas del paisaje mexicano, en especial de las zonas áridas y semiáridas de México, están los Agaves, considerados especies clave en esas regiones, tanto por su abundancia como por la cantidad de recursos que proporcionan a otros organismos (García-Mendoza, 2007). En la

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

actualidad los estudios sobre nutrición de los cultivos, se ha enfocado a la capacidad que tienen algunos microorganismos para mejorar la nutrición de plantas y combatir algunos patógenos en el suelo (Aguirre-Medina y col., 2009). *Azospirillum* es de particular interés debido a su versatilidad metabólica, capacidad de fijación de nitrógeno, producción de fitohormonas, proporcionando beneficios a las plantas, tal como incremento en altura, área radicular y rendimiento total de las cosechas (Holgin y col., 2003). La búsqueda de bacterias del género *Azospirillum* asociadas a plantas de Agave, ayudará a entender la relación planta-*Azospirillum*, y así en un futuro próximo poder contar con un inoculante bacteriano que promueva el establecimiento, desarrollo y producción de las plantas de Agave. Las bacterias del género *Azospirillum* han sido aisladas de una amplia variedad de plantas y de su rizósfera. Se han aislado de la superficie de la raíz de diversos cereales como maíz, trigo, arroz, sorgo, avena, así como de pastos forrajeros; *Cynodon dactylon*, *Poa pratensis*, *Festuca arundinacea*, de caña de azúcar, e incluso del henequén *Agave fourcroydes* y plantas cactáceas que incluyen diferentes especies de *Opuntia* y *Stenocereus* (Caballero-Mellado, 2002). Hartmann y Baldani, (2006) reportaron que *Azospirillum* spp. presenta una amplia distribución por arriba de 10^7 UFC/g en la rizosfera de suelos y en asociación con sistemas de raíces, tallos y hojas de una gran variedad de diferentes plantas. Rodelas y col., (1994) detectaron poblaciones de *Azospirillum* en cultivos de avena, trébol, maíz, cebada y sorgo de 10^6 UFC/g de peso fresco, y en cereales como arroz y trigo con poblaciones de 10^4 a 10^7 UFC/ml en suelo rizosférico.

El objetivo general del trabajo fue el aislamiento de bacterias de género *Azospirillum* en diferentes regiones de plantas de Agave de las variedades San Isidro y Chalqueño a nivel rizosférico y endófito, la identificación de *Azospirillum* mediante su crecimiento en medios selectivos, y caracterización de las cepas de *Azospirillum* por el ensayo de reducción de acetileno, producción de auxinas y sideróforos.

Materiales y Métodos

El muestreo fue realizado en el municipio de Nanacamilpa, Tlaxcala, ubicado en el Altiplano central mexicano a 2720 msnm, en las coordenadas geográficas entre los 19° 29' N y 98°32'O. Se recolectaron 6 plantas de *Agave salmiana*, de las variedades San Isidro y Chalqueño. El muestreo fue de manera aleatoria y los ejemplares fueron hijuelos de aproximadamente 30 cm de largo. Las muestras a analizar, fueron tomadas de diferentes regiones de plantas de Agave, tomando 1g suelo rizosférico, rizosfera, rizoplano y de raíz desinfectada. Se realizaron diluciones seriadas de esta muestra utilizando buffer de fosfatos hasta la dilución 10^{-6} . Se inocularon 100 μ l de cada dilución de las muestras, de las diferentes regiones de la planta, en viales con medio NFb por triplicado e incubados a 32 °C durante 4 días. La identificación de *Azospirillum* fue realizada en medio NFb semisólido, Rojo Congo y PDA, y caracterizadas bioquímicamente con pruebas de catalasa, oxidasa y tinción Gram. Para el ensayo de reducción de acetileno, los viales con crecimiento fueron incubados de 3-5 días a 32 °C, posteriormente se cambió el 12% del volumen de aire por acetileno. Se incubaron por 24 horas a 32 °C. La cuantificación se realizó en un cromatógrafo de gases con detector de flama ionizante de hidrógeno, inyectando una alícuota de 50 μ l de gas proveniente de cada vial registrando el pico de etileno producido en nmol C₂H₄ /h/mL. El cultivo de las cepas de *Azospirillum* fue ajustada a 50 UK, una alícuota de 10 μ L se inoculó en viales que contenían medio NFb semigelificado, adicionado con 0.5 % de ácido málico y 0.025% de cada uno de los aminoácidos -ácido glutámico, histidina, serina y alanina-, se incubaron durante 24 horas a 32 °C y se realizó el ensayo de reducción de acetileno. La asimilación de ácidos orgánicos y fuentes de carbono por parte de las cepas de *Azospirillum*, fue determinada en un espectrofotómetro a 610 nm. Para la producción de auxinas se empleó el medio base de Jain-Patriquin adicionado de 100 μ M de triptófano. El cultivo fue centrifugado a 5000 rpm/15'; el sobrenadante se ajustó a pH 2,5 y se realizó la extracción con 30 ml de acetato de etilo, el extracto se llevó a sequedad por evaporación rotatoria a 35 °C y se concentró con un ml de metanol, la cuantificación de las auxinas producidas fue mediante el reactivo de Salkowsky. La identificación de las auxinas producidas por parte de las cepas, fue realizada mediante cromatografía en capa fina utilizando el sistema de benceno:acetato de etilo:ácido acético (70:25:5). La determinación de producción de sideróforos por las cepas de *Azospirillum* fue estimada mediante el medio CAS en placas petri, determinando el halo producido por cada inóculo de las cepas.

Resultados y Discusión

Las plantas de la var., San Isidro presentaron mayor población bacteriana en todas las zonas de aislamiento, respecto a las poblaciones de la variedad Chalqueño, (Cuadro 1). La densidad y diversidad de microorganismos en el suelo está determinado por el tipo de suelo, humedad, aireación, temperatura, contenido de materia orgánica, pH, estación del año, características de las especies vegetales y exudados radicales (Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A., 2007). Las poblaciones halladas en la var., San Isidro, probablemente tuvieron mayor disponibilidad de nutrientes procedentes de exudados las plantas de Agave, aumentando su sobrevivencia y multiplicación, en relación a la población bacteriana de la var., Chalqueño. Se detectaron poblaciones bacterianas totales fijadoras de nitrógeno en las dos variedades de Agave; la población total en la var., San Isidro fue de 1.4×10^7 UFC/g para suelo rizosférico y endófitos, mientras que rizósfera y rizoplano fue de 3.0×10^6 UFC/g 4.5×10^6 UFC/g respectivamente. En la var., Chalqueño las poblaciones bacterianas fijadoras de nitrógeno, fueron similares en suelo rizosférico, rizoplano y endófitos (Cuadro 2). Existen diversos microorganismos fijadores de nitrógeno en el suelo, Ozawa y col., (2003) reportaron el aislamiento microorganismos simbióticos y no-simbióticos asociados a diversas plantas leguminosas con capacidad de fijación de nitrógeno. Con respecto a la población fijadora de nitrógeno del género *Azospirillum* en la var., San Isidro sobresale la población endófito, (1.4×10^7 UFC/g), mientras que las zonas rizosféricas presentaron una población similar. En la variedad Chalqueño, la población de *Azospirillum* fijadora de nitrógeno fue de 10^4 UFC/g en todas las zonas de aislamiento (Cuadro 2). Existen diferentes especies bacterianas fijadoras de nitrógeno aisladas de suelo y zonas rizosféricas de diferentes plantas, incluyendo *Azospirillum*, Rodelas y col., (1994) detectaron poblaciones de *Azospirillum* fijadores de nitrógeno, en cultivos de avena, trébol, maíz, cebada y sorgo de 10^6 UFC/g de peso fresco, y en cereales como arroz y trigo con poblaciones de 10^4 a 10^7 UFC/ml en suelo rizosférico. La identificación morfológica de las cepas de *Azospirillum* en NFB, Rojo Congo y PDA, y caracterización bioquímica de oxidasa, catalasa y tinción Gram fueron positivos en relación a Dobreiner, 1987.

Cuadro 1. Población bacteriana estimado por NMP de regiones de plantas de Agave variedad San Isidro y Chalqueño

Zona de aislamiento	San Isidro	Chalqueño
	UFC/gr	
Sr	1.4×10^7	1.5×10^6
Rz	1.4×10^7	2.0×10^6
Rp	6.5×10^5	2.3×10^5
Rd	1.4×10^7	1.2×10^5

† Sr; Suelo rizosférico, Rz; Rizosfera, Rp; Rizoplano, Rd; Endófitos. NMP: Número más probable. UFC/g: Unidades formadoras de colonia por gramo.

Cuadro 2. Poblaciones totales y del género *Azospirillum* fijadoras de nitrógeno de regiones de plantas de Agave var San Isidro y Chalqueño

Zona de aislamiento	San Isidro		Chalqueño	
	Total	<i>Azospirillum</i>	Total	<i>Azospirillum</i>
UFC/g				
Sr	1.4×10^7	2.0×10^6	3.1×10^5	1.7×10^4
Rz	3.0×10^6	1.2×10^5	2.6×10^5	1.5×10^4
Rp	4.5×10^6	1.3×10^5	2.5×10^4	1.8×10^4
Rd	1.4×10^7	1.4×10^7	1.7×10^5	1.8×10^4

† Sr; Suelo rizosférico, Rz; Rizosfera, Rp; Rizoplano, Rd; Endófitos. NMP: Número más probable. UFC/g: Unidades formadoras de colonia por gramo.

El ensayo de actividad de reducción de acetileno mostró que las cepas analizadas presentaron actividad por arriba de $10 \text{ nmol C}_2\text{H}_4/\text{h/mL}$, (Cuadro 3). Carcaño-Montiel y col., (2006) aislaron cepas de *Azospirillum* de maíz que presentaron actividad reductora de acetileno en un intervalo de 8.62 a $70.08 \text{ nmol C}_2\text{H}_4/\text{h/mL}$. La asimilación de los diferentes aminoácidos por parte de las cepas de *Azospirillum*, presentó buen crecimiento, mientras que la actividad reductora de acetileno, fue inhibida

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

por dichos aminoácidos. Hartmann y col., (1988) establecieron que *Azospirillum* spp. difieren en las habilidades para usar ciertos aminoácidos como fuente de nitrógeno, carbono y energía. Las cepas analizadas presentaron características fisiológicas diferentes en el uso de ácidos orgánicos y fuentes de carbono, con ácido málico y succínico las cepas crecieron muy bien, seguidas de fructosa y glucosa. Hartmann y Baldani (2006) observaron que los ácidos orgánicos como málico y succínico, favorecen el crecimiento de las especies de *Azospirillum*, y Eckert y col., (2001), demostraron que *A. brasilense* no crece bien en muchos azúcares como la glucosa.

Cuadro 3. Determinación de ARA en presencia de fuentes de nitrógeno en cepas de *Azospirillum* spp.

Cepas	NFb/ s aminoácidos	Ácido glutámico	Histidina	Serina	Alanina
nmolC ₂ C ₄ /h·mL					
<i>A. lipoferum</i>	21.8 ± 1.7(+++)	6.21 ± 0.3(++)	0.46 ± 0.04(++)	0.84 ± 0.0(++)	0.42 ± 0.01(+++)
<i>A. brasilense</i>	21.0 ± 0.9(+++)	2.74 ± 0.9(++)	0.42 ± 0.05(++)	1.29 ± 0.5(+++)	1.45 ± 0.2(+++)
2Aa ^{SI} 4	42.3 ± 1.9(+++)	1.04 ± 0.6(++)	ND	0.54 ± 0.0(+++)	0.50 ± 1.7(++)
2Aa ^{SI} 5	47.1 ± 1.4(+++)	0.80 ± 0.2(++)	ND	0.58 ± 0.1(+++)	0.58 ± 0.0(+++)
3Aa ^{SI} 5	80.8 ± 6.4(+++)	0.78 ± 0.2(++)	ND	0.41 ± 0.0(+++)	0.14 ± 0.0(+++)
2Aa ^{Ch} 6	69.3 ± 1.9(+++)	0.45 ± 0.0(++)	ND	1.89 ± 1.5(+++)	0.43 ± 0.0(++)
3Aa ^{Ch} 4	52.7 ± 2.9(+++)	0.32 ± 0.0(++)	ND	0.41 ± 0.1(+++)	0.44 ± 0.0(++)
1Ab ^{SI} 5	33.3 ± 1.1(+++)	0.80 ± 0.2(++)	ND	0.48 ± 0.1(+++)	0.42 ± 0.6(++)
2Ab ^{SI} 6	12.5 ± 1.2(+++)	0.70 ± 0.2(++)	ND	ND	0.36 ± 0.0(++)
2Ab ^{Ch} 4	80.9 ± 1.0(+++)	0.61 ± 0.1(++)	ND	0.40 ± 0.0(+++)	0.40 ± 0.1(++)
1Ac ^{SI} 5	18.3 ± 9.2(+++)	0.73 ± 0.1(++)	ND	1.11 ± 0.4(+++)	0.37 ± 0.0(++)
2Ac ^{SI} 4	16.9 ± 1.6(+++)	0.74 ± 0.0(++)	ND	0.28 ± 0.0(+++)	0.52 ± 0.0(++)
2Ac ^{Ch} 5	81.0 ± 1.9(+++)	0.54 ± 0.1(++)	ND	0.90 ± 0.0(+++)	0.58 ± 0.0(++)
2Ac ^{Ch} 6	68.3 ± 0.9(+++)	1.04 ± 0.3(++)	ND	ND	0.50 ± 0.0(++)
2Ad ^{SI} 6	13.9 ± 1.3(+++)	0.78 ± 0.2(++)	ND	0.66 ± 0.2(+++)	0.42 ± 0.1(++)
1Ad ^{SI} 6	24.5 ± 1.2(+++)	1.69 ± 1.1(++)	ND	0.39 ± 0.1(+++)	3.6 ± 3.4(+++)
2Ad ^{Ch} 6	44.8 ± 1.0(+++)	1.11 ± 0.2(++)	ND	ND	0.22 ± 0.0(++)

†1, 2, 3: # de planta; A: agave; a: suelo rizosférico; b: rizosfera; c: rizoplano; d: endófitos; ^{SI}: Var San Isidro; ^{Ch}: Var Chalqueño; 4, 5, 6: dilución. Actividad reductora de acetileno en NFb semigelificado libre de nitrógeno y efecto de aminoácidos a 10mM sobre la actividad de la nitrogenasa por cepas de *Azospirillum* en presencia de 0.025% de ácido málico, incubadas por 24 horas a 32°C. +++: buen crecimiento, ++: crecimiento regular, +: crecimiento bajo. ND: actividad reductora de acetileno no detectada.

La producción de auxinas por las cepas analizadas fue en un intervalo de 6.9 a 60.3 µg/ml, siendo la cepa de rizoplano de la var San Isidro la mayor productora con 60.3 µg/ml (Cuadro 4). Cepas de *Azospirillum* son capaces de producir más de 30 µg/mL (Crozier y col., 1988, y de-Bashan y col., (2008) determinaron que *Azospirillum* produce IAA en cultivos puros. Los resultados de Cromatografía en Capa Fina (CCF), determinaron la presencia de indol-3-acético, IAA, en todas las cepas, el 60% produjo indol-3-pirúvico, IPyA, y el 13% produce IBA, ácido-3-indol butírico. Las cepas analizadas fueron productoras de sideróforos en medio CAS, con producción de halo y comparadas con cepas tipo UPA 80 y 73.

Cuadro 4. Producción y detección de auxinas por cepas aisladas de *Azospirillum* spp. de plantas de Agave

CEPA	Colorimétrico	Cromatografía				
	Salkowsky	en Capa Fina				
	($\mu\text{g/ml}$)	IAA	IPyA	IAB	IAL	IAP
<i>A. lipoferum</i>	9.6 \pm 2.1	+	+	-	-	-
<i>A. brasilense</i>	20.3 \pm 2.1	+	-	-	-	-
2Aa ^{SI} 4	31.7 \pm 5.4	+	+	-	-	-
2Aa ^{SI} 5	9.3 \pm 2.5	+	+	-	-	-
3Aa ^{SI} 5	9.7 \pm 1.5	+	+	-	-	-
2Aa ^{Ch} 6	34.7 \pm 5.5	+	+	+	-	-
3Aa ^{Ch} 4	23.9 \pm .6	+	+	-	-	-
1Ab ^{SI} 5	23.7 \pm 1.25	+	-	-	-	-
2Ab ^{SI} 6	6.9 \pm 2	+	-	-	-	-
2Ab ^{Ch} 4	30.5 \pm 4.4	+	+	-	-	-
1Ac ^{SI} 5	52.5 \pm 4.2	+	+	+	-	-
2Ac ^{SI} 4	34.6 \pm 1.5	+	-	-	-	-
2Ac ^{Ch} 5	60.3 \pm 0.7	+	+	-	-	-
2Ac ^{Ch} 6	41.9 \pm 2.3	+	-	-	-	-
2Ad ^{SI} 6	55.2 \pm 2.7	+	-	-	-	-
1Ad ^{SI} 6	17.2 \pm 0.9	+	+	-	-	-
2Ad ^{Ch} 6	33.5 \pm 1	+	-	-	-	-

1, 2, 3: # de planta; A: agave; a: suelo rizosférico; b: rizosfera; c: rizoplano; d: endófitos; ^{SI}: Var San Isidro; ^{Ch}: Var Chalqueño; 4, 5, 6: dilución. Reactivo Salkowsky utilizado para determinar la concentración de auxinas mediante una curva de calibración de IAA. La Cromatografía en capa fina fue realizada en una placa cromatografica de sílica gel F₂₅₄.

Conclusiones

Se detectaron poblaciones de *Azospirillum* spp. fijadoras de nitrógeno en las diferentes zonas de aislamiento de las dos variedades de *Agave salmiana*. Las cepas aisladas fueron identificadas morfológicamente y caracterizadas como bacterias del género *Azospirillum*. Debido a la capacidad de las cepas aisladas de *Azospirillum* de fijación de nitrógeno, producción de auxinas y sideróforos, pueden ser consideradas como potenciales para la producción de biofertilizantes que promuevan el crecimiento y desarrollo de cultivos, y funcionar como control biológico contra patógenos.

Literatura Citada

- Aguirre-Medina, J.F., Irizar, M.B., Duran, A. y Grajeda, O., 2009, INIFAP, Centro de Investigaciones Regional Pacifico Sur Campo Experimental Rosario Izapa, Folleto técnico No. 5, Tuxtla Chico, Chiapas.
- Caballero, J. 2002, El género *Azospirillum*, Programa de Ecología Molecular y Microbiana, Centro de Investigación sobre Fijación de Nitrógeno, UNAM, Ap. P. 565-A, Cuernavaca, Mor., México.
- Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A., 2007. Microbiología Agrícola, Trillas. México, D.F.
- Eckert, B., Baller, O., Kirchhof, G., Halbritter, A., Stoffels, M. y Hartmann, A., 2001, International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 51, 17–26.
- Carcaño-Montiel, M.G., Ferrera-Cerrato, R., Pérez-Moreno, J., Molina-Galán, J.D. y Bashan, Y., 2006, Actividad de la nitrogenasa, producción de fitohormonas, sideróforos y antibiosis en cepas de *Azospirillum* y *Klebsiella* aisladas de maíz y teocintle, Terra Latinoamericana Volumen 24 Num. 4. Pp. 493-503.
- de-Bashan, L. E., Antoum, H. and Bashan, Y. 2008. Involvement of indole-3-acetic acid produced by the growth-promoting bacterium *Azospirillum* spp. in promoting growth of *Chlorella vulgaris*. J. Phycol. 44, 938–947.
- Hartmann, A., Haiyan, F. y Burris, R.H., 1988, Influence of Amino Acids on Nitrogen Fixation Ability and Growth of *Azospirillum* spp., Applied and Environmental Microbiology, p. 87-93.
- Hartmann, A. y Baldani, J.I., 2006, The genus *Azospirillum*, Prokaryotes, Chapter 3.1.5., 5:115-140.

- Holguin, G., Bashan, Y., Puente, E., Carrillo, A., Bethlenfalvay, G., 2003, Promoción del crecimiento en plantas por bacterias de la rizosfera. *Agricultura Técnica en México* Vol. 29 Núm. 2 p. 201-211.
- García-Mendoza, A., 2000. *Agave peacockii*. Revisión de las Agavaceae (sensu stricto), Crassulaceae y Liliaceae. Jardín Botánico, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.
- Ozawa, T., Ohwari, A. y Okumra, K., 2003, Isolation and Characterization of Diazotrophic Bacteria from the Surface-Sterilized Roots of Some Legumes, *Sci. Rep. Grad. Sch. Agric. & Biol. Sci., Osaka Pref. Univ.* 55:29-36.

Agradecimientos

Agradecemos a la Familia Del Razo por su apoyo para la toma de muestras de suelo y plantas.

EFFECTO DE ALGAENZIMS EN LOS AZÚCARES REDUCTORES EN PLANTAS DE *agave tequilana* Weber var. AZUL

Reyes Ríos Dora María¹, Bautista Justo Mayela¹, Frías Hernández Juan T.¹, Francia Pérez Delfino¹, Canales López Benito² y Cárdenas Palomo José Omar².

¹División de Ciencias de la Vida, Universidad de Guanajuato. doramrr@dulcinea.ugto.mx, dora1579@hotmail.com, ²Palau Bioquim, S.A. de C.V. Saltillo Coahuila.

Resumen

En el presente trabajo se realizó la evaluación de la aplicación de ALGAENZIMS en suelo a una concentración de 1.0 y 2.0 L ha⁻¹, a plantas adultas de 5 años de *Agave tequilana* Weber var. Azul, localizadas en el predio la Playita, Municipio de Penjamo, Gto. A la cosecha, se analizó el contenido de azúcares reductores, los °Brix y el peso de piña. El resultado fue un incremento estadístico altamente significativo en los azúcares reductores del 71.27 y 60.53%, comparado los tratamientos con el testigo. El coeficiente de variación fue de un 18%. En relación con los grados Brix el análisis estadístico tampoco encontró diferencia significativa entre los dos tratamientos, pero si una diferencia porcentual del 6.34 y 8.73 con respecto al testigo. En cuanto al análisis de suelo, se reportó una diferencia porcentual entre el tratado y el no tratado del 67.5 de materia orgánica. Concluimos que la aplicación del producto orgánico incremento los azucares reductores con respecto al control, lo que se manifiesta en más producción de tequila.

Palabras Clave: Azucares reductores, Algaenzims, Grados Brix

Abstract

On the present job anstudy and evaluation was carried on, about the aplication of Algaenzims in soil, in a concentration of two or one inter per hectare on grown up plants of five years of agave tequilana Wever var blue, located on the property la Playita belonging to the municipality of Penjamo Gto. The content of sugars in the harvest was analyzed the °Brix and the weight of the cone the out come was an statistical increase highly significant in the reducing sugars in the range of 71.27 and 60.53% compared to the witness with the aplication of one or two litens per hectare respectivly, with a variation coeficient of 18%, however, not sigmificative statistical difference was found in the °Brix but instead a diferencial percentage of 6.34 and 8.73 with one or two liters per hectare compared to the witness. Regarding the soil analysis, a percentual difference war reported between the treated and the non treated of 67.5 of organic material. We have come to the conclusión that the aplication of the organic product increased the reducing sugars with respect to the control, wich shows up in more tequilana production.

Key Words: Reducing sugars, Algaenzims, °Brix

Introducción

Un considerable número de autores han publicado la importancia en el rendimiento de *Agave tequilana* Weber var. Azul, empleando un sin número de productos químicos y orgánicos para incrementar el peso de las piñas, disminuir el periodo de la madurez, aumentar la cantidad de azúcares reductores y además de controlar las plagas.

Por otra parte, el Tequila, más que representar un significado económico para los productores, es un producto asociado a una identidad regional y nacional. A pesar de que no es la única bebida alcohólica que se produce en México, tiene mucha aceptación en el mercado internacional, por esta razón se está trabajando en la producción de un tequila orgánico, lo cual implica un proceso adecuado de manejo del suelo, agua y empleo de insumos orgánicos. Las piñas de *Agave tequilana* tienen como reserva de carbohidratos a polímeros de fructosa (fructanos) en lugar de glucosa, estos son polímeros de fructosa solubles en agua y pueden presentar una molécula de glucosa. En ellos predominan los enlaces β (2-1) y/o β (2-6). Su clasificación comprende cinco grupos principales, según las unidades estructurales mayoritarias que conforman sus moléculas: inulina, levanos, graminanos, inulinas neoserias y levanos neoserias (Vijn y Smeekens 1999). El *Agave tequilana* tiene alta concentración de fructanos (López, 2003). Adicionalmente tienen azúcares reductores libres; sin embargo, es necesario hidrolizar los

polímeros para aumentar el contenido de azúcares reductores, ya que a partir de estos, se obtiene el etanol. La inulina es insoluble en agua fría y muestra su más alta solubilidad a 60°C a temperaturas mayores la cadena sufre modificaciones e incluso hidrólisis no específica (Phelps. 1965).

Con el propósito de incrementar el tamaño de las piñas y la producción de fructanos así como los azúcares reductores se propone la aplicación de Productos Viables como los Derivados de Algas Marinas (ALGAENZIMS), mismas que han demostrado, en investigaciones previas, el efecto en el cambio de textura y estructura del suelo, incremento de porosidad (Reyes, R.D.M., 1993); desalinización y decremento de carbonatos (Tinajero, R. F., 1993). Los suelos arcillosos, se descompactan, se liberan los nutrientes, propiciando más absorción de nutrimentos por las plantas y, a su vez, un incremento en los rendimientos (Murguía, L. J., 2003; Ramírez, G.V., 2001; Córdoba, R.M., 2000; Álvarez, M. 2000).

Materiales y Métodos

a) Localidad. El trabajo se desarrolló en una plantación de *Agave tequilana* Weber var. Azul en el predio La Playita propiedad del Dr. Javier Arrollo, ubicado en el Municipio de Pénjamo Guanajuato. La distancia entre hileras fue de 3 m y 1.20 m entre plata y planta.

b) Forma de aplicación del producto. Los tratamientos se aplicaron en el mes de julio y la cosecha fue en diciembre del mismo año. Para la aplicación se tomo en cuenta la recomendación del producto, se consideraron 200 litros de agua por hectárea por tratamiento asperjado al cogollo del agave, por la morfología de la planta parte del producto cayó al suelo y otra parte en el área foliar por lo que la aplicación se consideró "foliar" y al suelo.

c) Diseño experimental. El área experimental fue de 0.5 hectáreas y debido a la pendiente que presenta el terreno se estableció un diseño experimental en bloques al azar con tres tratamientos y cuatro repeticiones. Se utilizó la prueba de rango múltiple DMS para la comparación de medias. La parcela útil por tratamiento fue de 14 m², en las dimensiones de cada bloque fueron de 27m X 2.40m = 64 m², la superficie total del experimento fue de 259.2 m².

Los tratamientos fueron:

T1. Testigo (Control)

T2. ALGAENZIMS 1 L ha⁻¹

T3. ALGAENZIMS 2 L ha⁻¹

Cada promedio fue el resultado de la evaluación de cuatro piñas individuales.

d) Análisis de azúcares reductores. Preparación de la muestra. Después de la jima se cocieron las piñas en un horno de mampostería por 48 horas con vapor a 90°C, se partieron por la mitad en forma vertical y se tomaron 3 muestras: en la parte superficial, intermedia y base de la piña, la muestra compuesta fue de 3 kg. Se extrajo el jugo de la piña con un extractor manual provisto de un gato hidráulico de 20 ton de capacidad, posteriormente el jugo azucarado se congeló y se procedió a guardarlo hasta su análisis en el laboratorio.

Para el análisis de los azúcares reductores se empleó el método volumétrico de Lane y Eynon descrito por la AOAC, 1984. Este se basa en la determinación del volumen de la solución problema para reducir un volumen conocido alcalino de cobre. El resultado final se determina por el uso de un indicador interno (azul de metileno), el cual es reducido a blanco de metileno por un exceso de azúcares reductores. La concentración en una muestra se determina en g. de azúcar contenidos en 100 g. de muestra y se calcula mediante la ecuación:

$$\% \text{ Azúcares} = \frac{(\text{Factor Fehling})(\text{Aforo 1})(\text{Aforo 2})(100\text{bv})}{(\text{ml utilizados en la titulación})(\text{Peso muestra})(\text{ml Solución clarificada})}$$

Los análisis se realizaron en el laboratorio de alimentos de la División de Ciencias de la Vida (DICIVA), Campus Irapuato – Salamanca.

e) Grados Brix. Equivalen al porcentaje en peso de sólidos solubles de una muestra, que principalmente son azúcares. Su determinación se realiza con un refractómetro o con un hidrómetro (Considine, 1982, Potter, 1995 y Badu, 1988).

f) Análisis de suelo. Se tomaron dos muestras de suelo al azar, una en el área tratada con ALGAENZIMS y la otra en suelo no tratado, la profundidad del muestreo fue de 30 cm. El análisis de fertilidad básico se realizó en el laboratorio de suelos del Instituto tecnológico de Roque, en Celaya Guanajuato. Los métodos para las variables evaluadas se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Variables evaluadas en el suelo y los métodos.

Determinación.	Norma y/o Método de Referencia.
pH	AS-02 NOM-021 SEMARNAT-2000
Conductividad eléctrica	C.E. 1:5
Densidad Aparente	Probeta
Textura	AS-09 NOM-021 SEMARNAT-2000
% de Materia orgánica	AS-07 NOM-021 SEMARNAT-2000
% Nitrógeno inorgánico	AS-08 NOM-021 SEMARNAT-2000
Fósforo	AS-10 (Olsen) NOM-021 SEMARNAT-2000
Potasio	AS-12 NOM-021 SEMARNAT-2000
Calcio	AS-12 NOM-021 SEMARNAT-2000
Magnesio	AS-12 NOM-021 SEMARNAT-2000
Sodio	AS-12 NOM-021 SEMARNAT-2000

Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en los azúcares reductores, se presentan en el cuadro 2, al igual que los °Bx y el peso de las piñas. Se mostró una diferencia estadística entre el tratamiento de 1L ha⁻¹ de ALGAENZIMS que incrementó el nivel de azúcares reductores en un 71.27% y con la dosis de 2 L ha⁻¹ fue de 60.50%, con respecto al testigo. La similitud de estos dos tratamientos se debió probablemente a que las plantas se encontraban en un área con pendiente pronunciada y el producto se deslavó; sin embargo, la diferencia entre estos tratamientos y el testigo coincide con la evaluación que se realizó en el cultivo de Caña de azúcar var. Mex.79-431. Soca II, en el año 2005-06. En el Ingenio Las Cañas, S.A., en la República el Salvador, C.A. donde, al aplicar 2 litros por hectárea al suelo, incrementaron de un 0.83 a un 1.03 (24%) los azúcares reductores. No se encontró diferencia estadística significativa en los °Bx, pero si una diferencia con respecto al testigo del 6.34 y 8.73% con uno y dos litros de ALGAENZIMS ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 2. Resultados en los azúcares reductores, °Bx y peso de piña de Agave.

Tratamientos	Variables evaluadas		
	% azúcares reductores	°Bx	Peso de piña kg.
Testigo	20.12	31.5	22.66
1 L ha ⁻¹	34.46	33.5	29.5
2 L ha ⁻¹	32.20	34.25	30.75

Los resultados del análisis de varianza para los azúcares reductores presentan una diferencia altamente significativa entre tratamientos, con valor de $F = 8.1671^{**}$ y $P > F = 0.020$; bloques = 1.3994^{**} y $P > F = 0.331$ con un coeficiente de variación de un 18.6%. El cuadrado medio del error fue de 29.091797. La prueba de rango múltiple para la comparación de medias DMS con un nivel de significancia 0.5 resulta en los dos tratamientos de ALGAENZIMS un comportamiento similar y diferente al tratamiento control (DMS = 9.3326).

Resultados en suelo. En cuanto al análisis, el Cuadro 3 presenta los resultados obtenidos en el testigo y el suelo tratado con el producto orgánico, se reportó una diferencia porcentual entre el tratado y el no tratado del 67.5% de materia orgánica, resultados que coinciden en investigaciones previas del ALGAENZIMS 4 L ha⁻¹ aplicado al suelo en cultivo de crisantemo, en donde se reporta que la materia orgánica en el suelo, se incrementó de 1.63% a 2.31% (incremento de 0.68% unitario y 41% porcentual) (Guillén Coutiño, 2011 y la evaluación de ALGAENZIMS 2 L ha⁻¹ aplicados al momento de la siembra, en cultivo de papa *Solanum tuberosum*, var. Norteña. Reporta, en donde se reporta un

incremento de materia orgánica en el suelo, perfil de 0.15-0.30 m, de 2.3% en el testigo a 2.6% en el suelo tratado (incremento de 0.3% unitario y 13% porcentual).

Cuadro 3. Resultado en el análisis de suelo.

Determinación.	Testigo	Tratamiento 1 y 2 de AlgaEnzims
pH	5.58	5.21
Densidad Aparente	1.09 g/cm ³	1.14 g/cm ³
Textura:	Arena: 58.92 %	Arena: 60.92 %
	Arcilla: 24.36 %	Arcilla: 26.36 %
	Limo: 16.72 %	Limo: 12.72 %
	Franco arcillo arenoso	Franco arcillo arenoso
% de Materia orgánica*	0.80 %	1.34 %
% Nitrógeno inorgánico	15.75 ppm	14.87 ppm
Fósforo	62.96 ppm	69.31 ppm
Potasio	724.78 ppm	652.38 ppm
Calcio	3800.00 ppm	3100.00 ppm
Magnesio	228.00 ppm	266.00 ppm

* 0.54 unitario y 67 porcentual.

Se hace mención que estos son los primeros resultados que se tienen en este cultivo de *Agave tequilana* Weber y los cultivos a los que se compara este trabajo, son solo referencias, ya que son trabajos en otros cultivos.

Conclusiones

La dosis de 1 L ha⁻¹ de ALGAENZIMS incrementó los azúcares reductores en un 71.27% y la de 2 L ha⁻¹ un 60.53%.

Los grados brix no reflejaron diferencia entre tratamientos pero si una diferencia del 6.34 y 8.73% con 1.0 y 2.0 L ha⁻¹ respectivamente con respecto al testigo.

No existe relación en cuanto al peso de las piñas y el contenido de azúcares reductores.

Literatura citada

- Álvarez Mares, V. J., 2000. Los Extractos de Algas Marinas en el Rendimiento y Calidad del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Tesis de Licenciatura UAAAN., Saltillo, Coahuila, México.
- Baduí D. S. 2006. Química de los alimentos. Ed. Pearson México, D.F. pp. 27 a 57.
- Bautista J.M., L. García O., J. E. Barboza C. y L. A. Parra N. 2001. El *Agave tequilana* Weber y la Producción de tequila. Acta Universitaria Vol.11 N°2.
- Córdoba Rodríguez R.E., 2000. Formas de Aplicación de ALGAENZIMS en el Rendimiento y Calidad para el Cultivo de Tomate, Bajo dos Sistemas de Producción. Tesis de Licenciatura. UAAAN., Saltillo, Coah., México.
- Considine, M. D. and G. D. Considine. 1982. Foods and Food Production Encyclopedia. Ed. Van Nostrand Reinhold Company, Inc. New York, U. S. A. pp. 418.
- Ingenio Las Cañas, S.A., 2005-06. Republica El Salvador, C.A. Caña de azúcar var. Mex.79-431. Soca II.
- López, M., Mancilla, A. & Mendoza, G. 2003. Molecular structure of fructan from *Agave tequilana* Weber var. azul. J. Agricultural and Food Chemistry. 51: 7835
- Munguía, Juan., 2003. Experimentos con la Aplicación de productos viables derivados de algas marinas, Labranza Cero y Reducción de Fertilizantes en Maíz y Trigo en Rotación. Patrocinado por el CIQA, Palau Bioquim, S.A. de C. V. y el SISTEMA SIRREYES-CONACYT (2000-2001).
- Phelps, C.F. 1965. The physical properties of inulin solutions. J. Biochem. 95:41-47
- Pérez Domínguez J.F. y del Real Laborde J.I., 2007. Conocimiento y practicas agronómicas para la producción de *Agave tequilana* Weber en la zona de denominación de origen del tequila. Centro de investigación regional del pacífico centro.

- Ramírez Gamboa, V. M., 2001. Extracto de Algas Marinas en la Producción de Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* L.) cv. Cuadrado Amarillo, en Invernadero. Tesis de Licenciatura: UAAAN., Buenavista, Saltillo, Coah., México.
- Reyes Ríos Dora María, 1993. Efecto de Algas Marinas y Ácidos Húmicos en un Suelo Arcilloso y otro Arenoso. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. UAAAN.
- Tinajero, Ríos, F., 1993. Aplicación de Algas Marinas y Estiércol de Bovino en Suelo Arcilloso, en Cultivo de Cilantro. (*Coriandrum sativum*). Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (UAAAN).
- Vijn, I. & Smeekens, S. 1999. Fructan: More than a reserve carbohydrate. *Plant Physiol* 120: 351

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE NOPAL FORRAJERO

Herrera González Carlos Miguel¹, Trejo Escareño Héctor Idilio², Salazar Sosa Enrique^{2,3}, Vázquez Vázquez Cirilo², Salazar Meléndez Enrique¹.

¹Alumno de Maestría FAZ-UJED, ²Profesor Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED idilio72@yahoo.com.mx, ³Profesor Instituto Tecnológico de Torreón

Resumen

El nopal forrajero es una alternativa de suplementación alimenticia para el ganado, la variedad lisa forrajera se adapta bien a las condiciones ecológicas de la Comarca Lagunera, el trabajo experimental se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED (CAE-FAZ-UJED) donde se estudiaron tratamientos de estiércol solarizado a razón de 0, 20, 40 y 60 t ha⁻¹ y un tratamiento químico de 100-100-00 en cuatro densidades de plantación (D1= 4435, D2= 13323, D3= 8871 y D4= 8887 plantas ha⁻¹). Los resultados muestran que el mejor tratamiento fue el de 60 t ha⁻¹ de estiércol solarizado con 66.33 t ha⁻¹ de forraje y la mejor densidad es la de 13323 plantas ha⁻¹ con 17.16 t ha⁻¹ de forraje, el tratamiento de 60 t ha⁻¹ de estiércol solarizado obtuvo la mayor cantidad de nitratos en el suelo (30.087 mg kg⁻¹).

Palabras clave: Lisa forrajera, estiércol solarizado, densidad

Abstract

Opuntia is a supplementary feeding alternative for the cattle. The Lisa Forrajera variety is well adapted to the ecologic conditions of the Comarca Lagunera region. The experiment was established at the agriculture experimental fields in the Facultad de Agricultura y Zootecnia, Division de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED). The studying factors were crop density (D1=4435, D2=13323, D3=8871 and D4= 8887 p ha⁻¹), the total tons of treated manure added to the soil (0, 20, 40, 60 t ha⁻¹) and a chemical fertilizer treatment (100-100-00). The results showed that the best application was 60 t ha⁻¹ of treated manure with 66.33 t ha⁻¹ of forage and the best density is 13323 plants ha⁻¹ with 17.16 t ha⁻¹ of forage. The 60 t ha⁻¹ treated manure application showed the highest amount of nitrates in the soil (30.087 mg kg⁻¹).

Key words: Opuntia, treated manure, density

Introducción

La posición geográfica, climatología y topografía de la Comarca Lagunera la hacen ser una región con altos índices de aridez y una escasa precipitación pluvial anual de 200 a 300 mm; aunado ha esto una evaporación media anual de 2,400 mm que resulta casi 11 veces mayor que la precipitación, además de que es una cuenca cerrada; todos estos factores hacen que el agua sea un recurso de gran valor para los procesos productivos de la región (Flores *et al.*, 2010).

Es necesario un uso razonable y eficiente de este preciado líquido además de que se deben buscar cultivos más adaptados a la región como fuentes de alimentos para el ganado en especial en épocas secas que son muy frecuentes en nuestra región durante la mayor parte del año.

El futuro de las zonas áridas y semiáridas depende del desarrollo de sistemas agrícolas sustentables y de la siembra de cultivos apropiados. Los cultivos para estas áreas deben de tolerar sequía, baja temperatura y baja fertilidad de suelo. Los nopales llenan la mayoría de estos requerimientos y son importantes para la economía de las zonas áridas, tanto para condiciones de subsistencia como para las orientadas al mercado (Santos *et al.*, 2010, Nefzaoui *et al.*, 2003). Por otra parte, estas mismas plantas son utilizadas como forraje para el ganado ya que son abundantes, fáciles y económicas de producir, y pueden resistir períodos prolongados de sequía (Santos *et al.*, 2010).

La ganadería extensiva, desarrollada en zonas de condiciones áridas y semiáridas, se encuentra expuesta a una marcada temporada de estiaje, durante la cual la escasez de pastos es una situación común, lo que provoca mermas en la producción del ganado; a lo largo de dicha época, el nopal forrajero (*Opuntia ficus* L.) representa un recurso alimenticio importante por su capacidad de producción de cladodios suculentos, susceptibles de ser aprovechados como forraje para el ganado

(Medina *et al.*, 2006). El uso de especies nativas como el nopal ha constituido una alternativa de alimentación de las especies animales de estas regiones, debido a su capacidad de adaptación a condiciones adversas de humedad (Reveles *et al.*, 2010); además, para amplios sectores de la población mexicana, el nopal, *Opuntia ficus* L., es igualmente importante.

También es importante encontrar el uso adecuado para el estiércol bovino, principal subproducto de la actividad agropecuaria más importante en la Comarca Lagunera que es la producción láctea; La Comarca Lagunera es la cuenca lechera más importante de México con más de 400,000 cabezas de ganado bovino y un número similar de ganado caprino. Sin embargo, también es una de las regiones con más estiércol de ganado bovino producido el cual rebasa el millón de kg día⁻¹. Por lo anterior, el reciclado apropiado de este abono orgánico es determinante para mejorar la fertilidad natural del suelo y como consecuencia su calidad así como incrementar o mantener la producción de un cultivo (Salazar *et al.*, 2005). Por lo que el estiércol bovino tiene que ser tratado y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación del suelo y de los mantos acuíferos subterráneos; un manejo inadecuado de este importante residuo puede conducir a problemas medioambientales (López *et al.*, 2007).

Los objetivos de este trabajo de investigación consistieron en determinar la mejor dosis de estiércol solarizado, la mejor densidad de plantación para nopal forrajero de la variedad Liso Forrajera y evaluar el estiércol bovino solarizado como abono orgánico, así como el efecto de este en cuanto a producción y propiedades del suelo.

Materiales y Métodos

Esta investigación es de seguimiento y fue realizado en el campo agrícola experimental en la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en el ejido Venecia, Mpio. de Gómez Palacio, Dgo. Se realizó un muestreo inicial de suelo en el área experimental y al final del año se hizo otro a profundidades de 0-15 y 15-30 cm. Su utilizó la variedad Liso forrajera y la distribución de tratamientos en campo, se realizó bajo un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas con cinco tratamientos, tres repeticiones además de cuatro densidades de siembra diferentes.

El factor **A** fue tratamientos (dosis de estiércol solarizado); testigo, 20 t ha⁻¹, 40 t ha⁻¹, 60 t ha⁻¹ y fertilizante químico (100-100-00). El factor **B** fue densidades de plantación; D1 = 4435.56 plantas ha⁻¹, D2 = 13323.34 plantas ha⁻¹, D3 = 8871.12 plantas ha⁻¹ y D4 = 8887.78 plantas ha⁻¹

Las variables a evaluar en suelo fueron temperatura, materia orgánica, conductividad eléctrica, nitratos y pH; variables respuesta en planta fueron rendimiento de forraje verde (producción), número de cladodios producidos y desarrollo vegetativo (largo, ancho y grueso de cladodios).

Resultados y Discusión

Producción: los análisis de varianza para producción de forraje verde mostraron que la mejor dosis de estiércol solarizado para nopal forrajero variedad Liso forrajera fue la de 60 t ha⁻¹; compitiendo con el fertilizante químico en donde no se encontró diferencia estadística entre estos dos tratamientos; he incluso ganándole a este en todas las demás variables analizadas. También se encontró que la mejor densidad de siembra para esta variedad fue la de 13323 plantas ha⁻¹, corroborando así lo mencionado por otros investigadores en distintos trabajos de investigación (figura 1); estos resultados son corroborados por Reveles *et al.* (2010) que concluyen que el nopal forrajero responde favorablemente a las aplicaciones de fertilizante así como a altas densidades de población.

Número de cladodios: la producción de número de cladodios por tratamiento más alta correspondiente al tratamiento químico aplicado (100-100-00), siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos; el tratamiento de 40 y 60 t ha⁻¹ de estiércol solarizado son estadísticamente iguales y el testigo absoluto presento la producción de número de cladodios más baja; siendo resultados superiores a los reportados por Salazar *et al.* (2010) y Santos *et al.* (2010) usando la misma variedad (Liso forrajera) y con dosis de estiércol bovino similares (60 y 100 t ha⁻¹ respectivamente). Para el factor de estudio de densidades de siembra, la separación de medias muestra que la densidad de 13,323 plantas ha⁻¹ obtuvo nuevamente los resultados más altos con 216,904 cladodios de nopal forrajero producido; esto es corroborado por los resultados obtenidos por Salazar *et al.* (2010) que mencionan que en la densidad de siembra más alta obtienen el mayor número de cladodios.

Grueso de cladodio: los cladodios más gruesos corresponde al tratamiento de 60 t ha⁻¹ de estiércol solarizado (24.7 mm), siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos del experimento; incluso similares a los reportados por Martínez *et al.*, (2001) en la variedad Copena T5 que fue la que obtuvo los cladodios más gruesos de ese experimento; El fertilizante químico presentó el cladodio más delgado (21.6 mm). Reyes *et al.*, (2005) corroboran estos resultados mostrando que el género *Opuntia ficus* L. presenta grosores mínimos de 10 mm/cladodio y máximos de 30 mm/cladodio en su experimento y este grosor varía dependiendo la especie. Para el factor de estudio de densidades de siembra nuevamente la de 13,323 plantas ha⁻¹ obtuvo los resultados más altos con 25.5 mm/cladodio.

Ancho de cladodio: para el ancho de cladodio el análisis de varianza muestra que los tratamientos de estiércol solarizado de 40 y 60 t ha⁻¹ no presentan diferencia significativa entre ellos; sin embargo, son los que presentan los cladodios más anchos (14.8 y 14.7 respectivamente) para tratamientos de estiércol solarizado; superando los resultados reportados por Santos *et al.* (2010) que con 100 t ha⁻¹ de estiércol obtuvieron resultados de 13.1 cm/cladodio utilizando la misma variedad. En el factor de estudio de densidades de siembra no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ellas; sin embargo, la densidad de 13,323 plantas ha⁻¹ obtuvo los cladodios más anchos (14.8987 cm); entrando en los rangos mencionados obtenidos por Reyes *et al.*, (2005) en su experimento con el género *Opuntia ficus* L.

Largo de cladodio: los resultados para largo de cladodio del nopal forrajero muestran que existe diferencia significativa para los tratamientos de estiércol solarizado en donde los cladodios más largos corresponde al tratamiento de 60 t ha⁻¹ de estiércol (27.37 cm), siendo superiores a los reportados por Santos *et al.*, (2010) con 100 t ha⁻¹ de estiércol. En cuanto a las densidades de siembra no se encontró diferencia significativa entre densidades; siendo la de 13,323 plantas ha⁻¹ la que presentó los cladodios más largos (26.95 cm); entrando en los rangos mencionados por Reyes *et al.*, (2005) para el género *Opuntia ficus* L.

pH: los tratamientos de estiércol de 20, 40 y 60 t ha⁻¹ no mostraron diferencia estadísticamente significativa entre ellos, obteniendo un pH del suelo de 7.45, 7.47 y 7.7 respectivamente; corroborando así lo mencionado por Flores *et al.*, (2010) que dicen que el nopal se adapta y prospera mejor en suelos con un pH entre 6.8 a 8.2 con un óptimo de 7.5; siendo similares a los reportados por Salazar *et al.* en 2010 en la misma variedad y con las mismas dosis de estiércol. La densidad de 13,323 plantas ha⁻¹ fue la que presentó el pH más alto en el suelo con 7.9, entrando en los rangos mencionados por De Kock (2003) que dice que los nopales toleran valores relativamente altos de pH llegando a soportar hasta un pH de 8.5.

Conductividad eléctrica: para conductividad eléctrica del suelo por tratamiento la más alta correspondiente al tratamiento de 20 t ha⁻¹ de estiércol solarizado (2.7433 dS m⁻¹), siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos de estiércol (Cuadro 1); entrando en los rangos mencionado por De Kock (2003); además, de corroborar lo mencionado por Salazar *et al.* (2010) que concluyen que la conductividad eléctrica tiene una respuesta positiva a la incorporación de estiércol en el suelo. Para el factor de densidades de siembra, la de 13,323 plantas ha⁻¹ obtuvo los resultados más altos para conductividad eléctrica del suelo con 2.4443 dS m⁻¹. Para el factor de densidades de siembra, la de 13,323 plantas ha⁻¹ obtuvo los resultados más altos con una conductividad eléctrica en el suelo de 2.4443 dS m⁻¹.

Materia orgánica: en la materia orgánica no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos de estiércol solarizado (son superiores al químico y al testigo), incrementando el contenido de Materia Orgánica en el suelo después del experimento (Cuadro 1), corroborando así lo mencionado por Zúñiga *et al.*, (2009) y superando lo reportado por Salazar *et al.*, (2010) al trabajar con dosis de estiércol iguales. Para el factor de estudio de densidades de siembra, la de 4,435 plantas ha⁻¹ obtuvo la mayor cantidad de materia orgánica en el suelo con 2.78; corroborando así los resultados obtenidos por Salazar *et al.* (2010) a menor densidad de siembra menor mineralización de MO en el suelo.

Nitratos (NO₃): Los resultados de nitratos (NO₃) muestran que existe diferencia significativa para los tratamientos de estiércol solarizado siendo el de 60 t ha⁻¹ el que obtuvo la mayor cantidad de nitratos en el suelo con 30.087 mg kg⁻¹ (cuadro 1) siendo más alto a lo reportado por Salazar *et al.*, (2010); en cuanto a las densidades de siembra no se encontró diferencia estadísticamente significativa; sin

embargo, la de 4,435 plantas ha⁻¹ obtuvo los resultados más altos de nitratos en el suelo con 19.855 ppm.

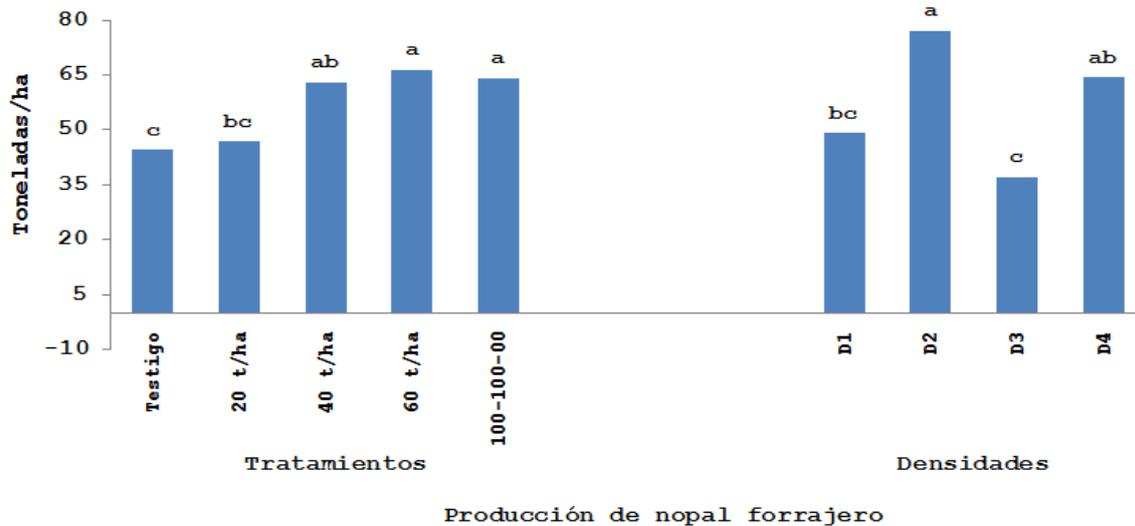


Figura 1. Producción de nopal forrajero por tratamiento de estiércol solarizado y densidades de siembra de la variedad Liso Forrajera.

Cuadro 1. Medias de nitratos (NO₃) del suelo en nopal forrajero por tratamiento de estiércol solarizado, CAE-FAZ-UJED, 2010.

Tratamientos	Nitratos (NO ₃) Mg kg ⁻¹	Materia Orgánica %	Conductividad eléctrica dS m ⁻¹
Testigo	6.252 c	1.7392 b	1.1531 d
20 t ha ⁻¹ estiércol solarizado	6.473 c	2.7150 a	2.7433 a
40 t ha ⁻¹ estiércol solarizado	12.838 b	2.6833 a	2.3100 b
60 t ha ⁻¹ estiércol solarizado	30.087 a	2.5483 a	2.4092 b
100-100-0	13.744 b	1.5442 b	1.5475 c
DMS	3.156	0.2808	0.2443

Conclusiones

Concluyendo así que una densidad de 13323 plantas ha⁻¹ y con una aplicación de 60 t ha⁻¹ producen los mejores rendimientos de nopal forrajero de la variedad Liso Forrajera en la Comarca Lagunera; además, la adición de estiércol bovino solarizado ayudo a obtener un pH óptimo sugerido por algunos autores para la producción de nopal forrajero y los aportes más altos de nitratos se presentaron en el tratamiento de 60 t ha⁻¹.

Literatura Citada

- De Kock Gerhard C. 2003. El uso del nopal como forraje en las zonas áridas de Sudáfrica, in El nopal (*Opuntia* spp.) como forraje, Estudio FAO producción y protección vegetal 169, editado por Candelario Mondragón Jacobo, ISSN: 1014- 1227, ISBN: 92-5-304705-4.
- Flores Ortiz Miguel Ángel, Manuel Reveles Hernández. 2010. Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación, RESPYN, Edición Especial No. 5, p.198-210, ISSN: 1879-0160.
- López Martínez José Dimas, Enrique Salazar Sosa, Héctor Idilio Trejo Escareño, Edmundo castellanos Pérez, Cirilo Vázquez Vázquez, Rafael Zúñiga Tarango, Juan Manuel Covarrubias Ramírez. 2007. Producción orgánica en invernaderos, p. 2-38, Pp.159, ISBN: 978-968-9304-14-12.

- Martínez González José C., Alfredo López Jiménez, J. Pablo Cruz Hernández, Adriana Delgado Alvarado. 2001. Pruning and sprouting season in prickly pear cladodes, *Agrociencia*, Volumen 35: Número 2, p. 159-167, ISSN: 1405-3195.
- Medina Romo Marco, Gustavo Tirado Estrada Ignacio Mejía Haro, Isaac Camarillo Solís, Carlos Cruz Martínez. 2006. Digestibilidad in situ de dietas con harina de nopal deshidratado conteniendo un preparado de enzimas fibrolíticas exógenas, *Pesq. Agropec. Bras*, Volumen 41: Número 7, p. 1173-1177. ISSN: 0100-204x, ISSN en línea: 1678-3921.
- Nefzaoui Ali, Hichem Ben Salem. 2003. *Opuntia* forraje estratégico y herramienta eficiente para combatir la desertificación en la región Wana, in *El nopal (Opuntia spp.) como forraje*, Estudio FAO producción y protección vegetal 169, editado por Candelario Mondragón Jacobo, ISSN: 1014- 1227, ISBN: 92-5-304705-4
- Reveles Hernández Manuel, Miguel Ángel Flores Ortiz, Fidel Blanco Macías, Ricardo David Valdez Cepeda, Gonzalo Félix Reyes. 2010. el manejo del nopal forrajero en la producción de ganado bovino, *RESPYN*, Edición Especial No. 5, p. 130-144, ISSN: 1870-0160.
- Reyes Agüero José Antonio, J. Rogelio Aguirre Rivera, Héctor M. Hernández. 2005. Systematic notes and a detailed description of *Opuntia ficus-indica* (L). Mill. (cactaceae), *Agrociencia*, Volumen 39: Número 4, pp 395-408, ISSN: 1405-3195.
- Salazar Sosa Enrique, José Dimas López Martínez, Rafael Zúñiga Tarango, Cirilo Vázquez Vázquez, Manuel Fórtis Hernández, Jesús Vital Silva. 2005. Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernaderos
- Santos Haliscak Argelio, Rigoberto E. Vázquez Alvarado, Erasmo Gutiérrez Ornales, Homero Morales Treviño. 2010. Evaluación de la productividad y caracterización de tres variedades de nopal mejorado y tres criollos, *RESPYN*, Edición Especial No. 5, p. 243-250, ISSN: 1870-0160.
- Zúñiga Tarango Rafael, Ignacio Orona Castillo, Cirilo Vázquez Vázquez, Bernardo Murillo Amador, Enrique Salazar Sosa, José Dimas López Martínez, José Luis García Hernández, Edgar Rueda Puente. 2009. Root growth, yield and mineral concentration of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. under different fertilization treatments, *J-PACD*, Volumen: 11, p. 53-68, ISSN: 1938-6648.

SUSTRATOS Y MÉTODOS DE PROPAGACIÓN EN TRES ESPECIES DE BAMBÚ

Lárraga Sánchez Noé¹, Gutiérrez Rangel Nicolás², Pedraza Santos Martha Elena³, López Sánchez Higinio² y Vargas Hernández Jesús⁴.

¹Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario N° 185, Chietla, Puebla.

²Colegio de Postgraduados. Campus Puebla. E-mail:ngrangel@colpos.mx.

³Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

⁴Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo.

Resumen

Se evaluaron tres sustratos [atocle+cachaza+estiércol (ACE), suelo agrícola+cachaza+estiércol (TCE) y una mezcla de insumos comerciales (SIC)] y tres métodos de propagación (chusquín, vareta y segmento nodal) en tres especies de bambú (*Guadua angustifolia*, *Bambusa oldhamii* y *Bambusa vulgaris*), con el propósito de desarrollar un método eficiente de multiplicación de este grupo de plantas, que esté al alcance de todo tipo de productores. Las variables evaluadas fueron: supervivencia, número de hijuelos y número de raíces. El sustrato compuesto de atocle, cachaza y estiércol caprino es una buena opción para propagar *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia* por chusquines. Esta mezcla tiene la ventaja adicional de integrarse de materiales locales, altamente disponibles y al alcance de todo tipo de productores. La multiplicación por estacas con el sustrato de ACE también es una buena alternativa en *Bambusa vulgaris*.

Palabras clave: atocle, cachaza, chusquín, vareta, *Guadua*, *Bambusa*.

Abstract

Three substrates were assessed [atocle+ cachaza+manure (ACE), soil+cachaza+manure (TCE), and a commercial inputs mixture (SIC)] and three propagation methods (chusquin, stem, and nodal segment) in three species of bamboo (*Guadua angustifolia*, *Bambusa oldhamii*, and *Bambusa vulgaris*). The main goal of this study was to develop an effective method for multiplying this group of plants, which can be accessible by any kind of producers. The evaluated variables were surviving rate, number of shoots, and number of roots. Composed substrate of atocle, cachaza and goat manure is a good choice for propagating *Bambusa vulgaris* and *Guadua angustifolia* through chusquines. This mixture has an additional advantage because it is made by widely vast local materials, easily accessible for any farmer. Propagation by stakes using ACE is also a good alternative for *Bambusa vulgaris*.

Keywords: atocle, cachaza, stem, *Guadua*, *Bambusa*.

Introducción

El bambú es una alternativa forestal sostenible prometidora, por su alta importancia económica, social y cultural a nivel mundial (Ramanayake, 2006). De este grupo de plantas se obtienen hasta 1500 subproductos que van desde papel hasta viviendas (Kibwage *et al.*, 2008). Capturan hasta 40% más CO₂ que las coníferas o los eucaliptos (González, 2007), por lo que se les considera como el grupo con mayor potencial en la lucha contra el cambio climático (Nath y Das, 2008). Otras ventajas del bambú consisten en que prospera en todo tipo de suelos, sirve para incorporar al cultivo terrenos sin uso, evita la erosión, rehabilita suelos degradados y favorece la formación de microclimas para la regeneración de los bosques (Kumar y Sastry, 1999). También posee alto valor nutritivo para animales y humanos, así como propiedades medicinales y ornamentales (García-Ramírez *et al.*, 2007).

México reúne condiciones fisiográficas y climáticas apropiadas para la propagación y producción de bambú, a lo largo y ancho del país (Gib, 2005). Sin embargo, su establecimiento y explotación a gran escala y con fines comerciales está limitada por la escasez de propágulos, su multiplicación lenta y la poca disponibilidad de semilla (Yasodha *et al.*, 2008). Estas dificultades para la propagación del bambú obligan a la búsqueda de metodologías de propagación eficientes y al alcance de los productores, que permitan restablecer y ampliar plantaciones comerciales con características genéticas conocidas (Jiménez *et al.*, 2006).

Para producir plantas de calidad en los viveros son fundamentales las características de los sustratos utilizados, tales como la fertilidad, aireación, drenaje, retención de agua, densidad, etc.; características que varían significativamente entre sustratos y de un lugar a otro. Para propagar bambú se han utilizado suelo (75%) y arena (25%) (Giraldo y Sabogal, 2007), así como humus de lombriz (80%) con zeolita (20%) (Gallardo *et al.*, 2008).

El bambú se propaga principalmente por chusquines (hijuelos), que se originan en la base de las plantas a partir de yemas adventicias de los rizomas. Otros métodos son el de estacas obtenidas de ramas laterales de plantas adultas o chusquines en desarrollo (Gallardo *et al.*, 2008) y el de segmentos nodales, que consiste en plantar secciones de tallo de 3 a 5 cm de longitud con una yema axilar latente. También se emplean segmentos de tallo de tres a cuatro años de edad, con dos o más nudos con yemas, que se cortan en segmentos de alrededor de 30 cm de longitud (Giraldo y Sabogal, 2007).

Por lo anterior, el objetivo del estudio fue desarrollar una metodología eficiente de multiplicación de bambú al alcance de todo tipo de productores.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en un vivero del Municipio de Chietla, Puebla; el municipio se localiza al suroeste del Estado, entre los 18°24' y 18°37' de latitud norte y los 98°31' y 98°43' de longitud oeste. Su altitud media es de 1 222 msnm y el clima predominante es el cálido subhúmedo con lluvias en verano [A (w0)] (INEGI, 2005).

Se evaluaron tres sustratos [Atocle+cachaza+estiércol (ACE), Tierra+cachaza+estiércol (TCE) y una mezcla de insumos comerciales (SIC)] y tres métodos de propagación [chusquín (CH), por vareta (V) y por segmento nodal (SN)] en tres especies de bambú [*Guadua angustifolia* (Ga), *Bambusa oldhamii* (Bo) y *Bambusa vulgaris* (Bv)]. Los factores se combinaron en un arreglo factorial 3³ y se establecieron en un diseño completamente al azar con tres repeticiones, la unidad experimental consistió de tres propágulos.

El experimento se estableció el 29 de septiembre de 2009 y se le dio seguimiento hasta el tres de febrero de 2010. El primer sustrato (ACE) estuvo compuesto de atocle, cachaza y estiércol caprino (45, 40 y 15%, respectivamente); en tanto que el segundo (TCE) estuvo integrado por tierra agrícola, cachaza y estiércol (en las mismas proporciones). El atocle es un material regional que se obtiene de los lechos de ríos y barrancas. La cachaza es el residuo más importante de la industria azucarera, muy abundante en la región de estudio. El estiércol caprino también es un material altamente disponible y por lo tanto muy fácil de conseguir. La tierra agrícola puede obtenerse de cualquier terreno, pero lleva consigo el deterioro del mismo. El tercer sustrato (SIC) es utilizado comercialmente en viveros de la región y se integra de: turba (0.1614 m³), agrolita (0.1 m³), tierra agrícola (40 litros), biofertilizante natural con bacterias de rizosfera 3.4.3 (1.5 kg), fertilizante granulado (12-12-17+2) (1.5 kg) e inoculante (36 ml).

Los propágulos se establecieron en bolsas de polietileno negras de 30x30 cm (tres por bolsa), previamente llenas con el sustrato correspondiente. Las varetas se obtuvieron de ramas laterales de plantas de tres años; su tamaño aproximado fue de 23, 30 y 15 cm en *Guadua angustifolia*, *Bambusa oldhamii* y *Bambusa vulgaris*, respectivamente; cada vareta incluyó dos nudos y una yema visible por nudo; se plantaron en forma vertical, introduciendo uno de los nudos en el sustrato. Los segmentos nodales también se obtuvieron de las plantas madres de tres años, de las cuales se tomaron secciones de 7 cm que contenían yemas axilares latentes y visibles; que se colocaron horizontalmente en el sustrato, de 2 a 3 cm de profundidad. Durante el periodo de estudio se aplicó diariamente una lámina de agua de aproximadamente 4 mm.

Se evaluaron supervivencia (SPV) número de hijuelos (NH) y número de raíces, al final del experimento. A los datos se les realizaron análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey, P≤0.05).

Resultados y Discusión

Supervivencia. Para esta variable, resultaron significativas las interacciones STxMP y MPxSP. La interacción STxMT (Figura 1) indica que la mayor supervivencia (74%) ocurre con el sustrato ACE en los propágulos multiplicados por chusquín, estadísticamente diferente del resto de combinaciones. La propagación por chusquines en los otros sustratos se asoció con niveles de sobrevivencia mayores

de 37%; estadísticamente iguales entre sí, pero superiores a sus demás combinaciones comparables. Estos resultados, además de resaltar el efecto positivo del sustrato ACE, confirman que el mejor método convencional para propagar bambú es por chusquines (Giraldo y Sabogal, 2007).

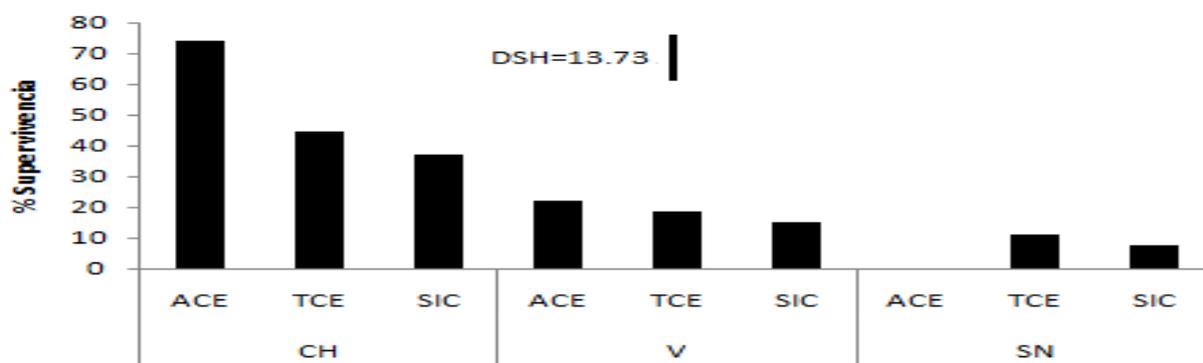


Figura 1. Interacción sustrato por método de propagación en los porcentajes de supervivencia de propágulos de bambú. CH: Chusquín. V: Vareta. SN: Segmento nodal. ACE: Atocle+cachaza+estiércol caprino. TCE: Tierra de uso agrícola+cachaza+estiércol caprino. SIC: Sustrato a base de ingredientes comerciales. DSH: Diferencia significativa honesta (Tukey, $P < 0.05$).

La interacción MPxSP, señala que los mayores porcentajes de supervivencia (85%) se obtuvieron en las plantas propagadas por chusquín de *Bambusa vulgaris*, seguido de *Guadua angustifolia* y de *Bambusa vulgaris* multiplicada por vareta; las tres, estadísticamente diferentes entre sí (Figura 2).

Nuevamente, se confirma que el mejor método de propagación de *Guadua angustifolia* es por chusquines (Giraldo y Sabogal, 2007; Gallardo *et al.*, 2008). Por lo anterior, en la propagación por chusquín; de *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia*, el uso de de la mezcla ACE es la mejor opción. La misma mezcla es la más prometedora para la propagación de *Bambusa vulgaris* por vareta. Una ventaja adicional es que se compone de materiales de la región, altamente disponibles y al alcance de todo tipo de productores.

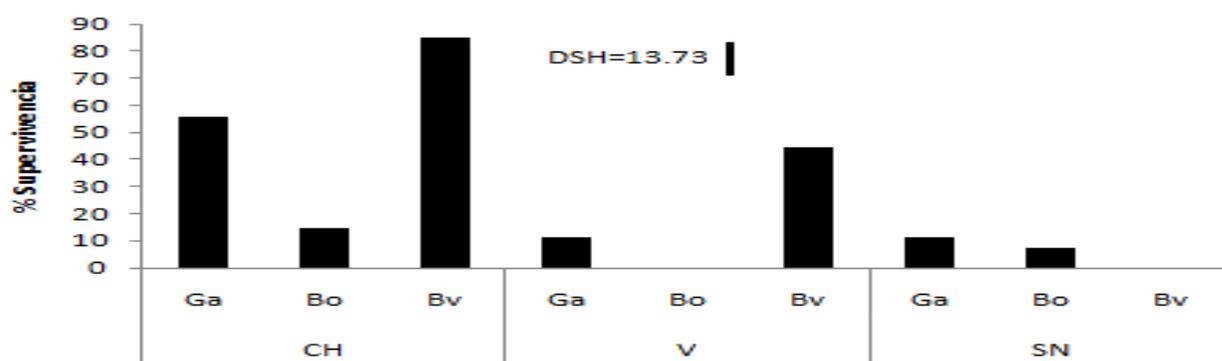


Figura 2. Interacción método de propagación por especie en los porcentajes de supervivencia de propágulos de bambú. CH: Chusquín. V: Vareta. SN: Segmento nodal. Ga: *Guadua angustifolia*. Bo: *Bambusa oldhamii*. Bv: *Bambusa vulgaris*. DSH: Diferencia significativa honesta (Tukey, $P < 0.05$).

Número de hijuelos. En este caso hubo significancia para MP y SP. Los chusquines también produjeron el mayor número de hijuelos (1.29), significativamente diferentes de los otros dos métodos (Figura 3a). Entre especies *Guadua angustifolia* y *Bambusa vulgaris* resultaron estadísticamente iguales entre sí, pero superiores a *Bambusa oldhamii* (Figura 3b).

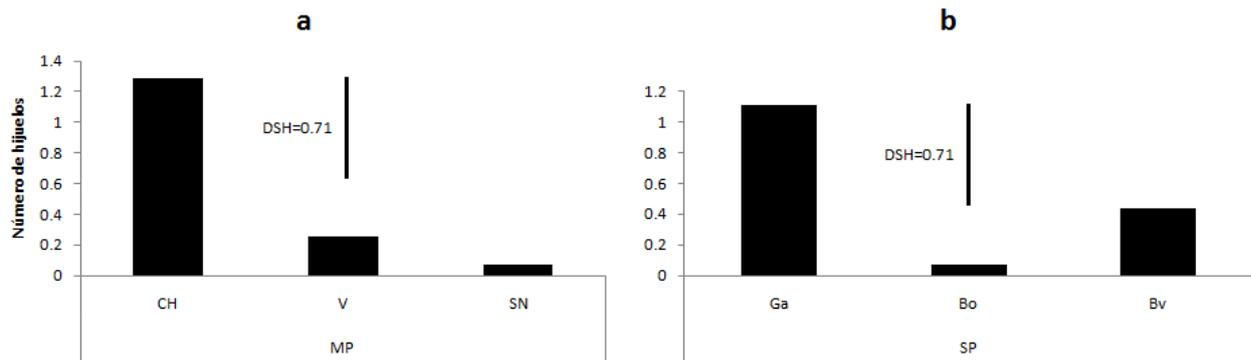


Figura 3. Efecto del método de propagación (a) y la especie (b) en el número de hijuelos de bambú. CH: Chusquin. V: Vareta. SN: Segmento nodal. Ga: *Guadua angustifolia*. Bo: *Bambusa oldhamii*. Bv: *Bambusa vulgaris*. MP: Método de propagación. SP: Especie. DSH: Diferencia significativa honesta (Tukey, $P \leq 0.05$).

Lo sobresaliente de los chusquines está relacionado con el hecho de que son plantas completas (Catasús, 2003) y por tanto aventajan a las otros métodos que primero tienen que brotar (Giraldo y Sabogal, 2007). Las diferencias encontradas entre especies indudablemente están dadas por su composición genética.

Número de raíces. Para esta variable resultaron significativos MP y SP. La cantidad de raíces fue estadísticamente mayor (9.44) en las plantas de *B. vulgaris* por chusquin, respecto a las demás combinaciones (figura 4).

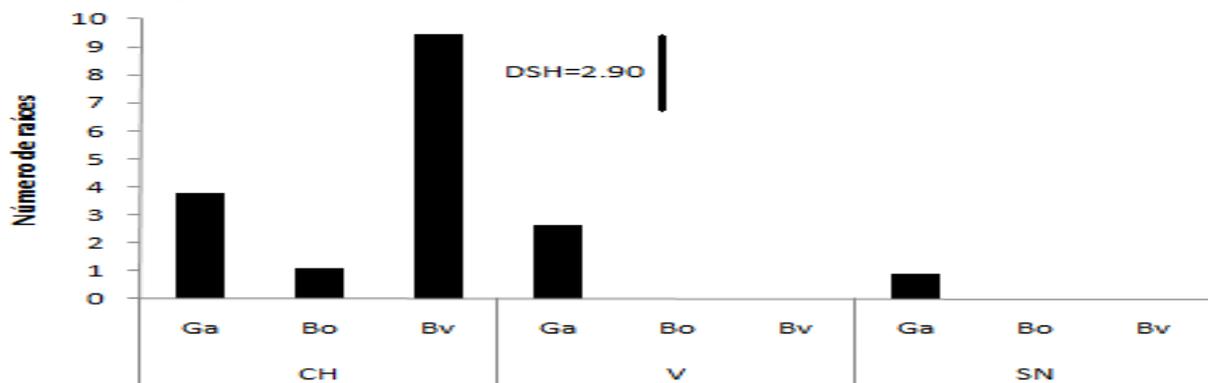


Figura 4. Interacción método de propagación por especie en el número de raíces del primer hijuelo de bambú. Ga: *Guadua angustifolia*. Bo: *Bambusa oldhamii*. Bv: *Bambusa vulgaris*. CH: Chusquin. V: Vareta. SN: Segmento nodal. DSH: Diferencia significativa honesta (Tukey, $P \leq 0.05$).

Tales resultados confirman que *B. vulgaris* tiene alta capacidad de producir rizomas y raíces (Francis, 1993); contrario a lo que se observó en *Bambusa oldhamii*, lo cual indica que esta especie es muy difícil de multiplicar, al menos con los métodos y sustratos aquí estudiados.

Conclusiones

El sustrato compuesto de atocle, cachaza y estiércol caprino es una buena opción para propagar *Bambusa vulgaris* y *Guadua angustifolia* por chusquines. Esta mezcla tiene la ventaja adicional de integrarse de materiales regionales, altamente disponibles y al alcance de todo tipo de productores. La multiplicación por estacas con el sustrato de ACE también es una buena alternativa para *Bambusa vulgaris*.

Literatura citada

- Catasús G., L. 2003. Estudio de los bambúes arborescentes cultivados en Cuba. Ministerio de Relaciones Exteriores de la República de Cuba. 56 p.
- Francis, J. K. 1993. *Bambusa vulgaris* Schrad ex Wendl. Common bamboo. SO-ITF-SM- 65. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 6 p.
- Gallardo, J.; M. Freire, J. León, Y. García, S. Pérez y M. González. 2008. Comportamiento en la brotación de las yemas de estacas de *Guadua angustifolia* Kunth empleadas en la propagación. Cultivos tropicales. 29: 17-22.
- García-Ramírez, Y.; M. Freire-Seijo, L. Fajardo, M. Tejeda y M. Reyes. 2007. Establecimiento *in vitro* de yemas axilares de *Bambusa vulgaris* var *Vittata*. Biotecnología Vegetal 7: 155 – 159.
- Gib, C. 2005. El bambú: su importancia en la ecología y la conservación de las especies nativas. Primer congreso mexicano del bambú 8, 9 y 10 de diciembre de 2005. Xalapa de Enríquez, Veracruz de Ignacio de la Llave, México. 112 p.
- Giraldo H., E.; y A. Sabogal. 2007. Una alternativa sostenible: La Guadua. Técnicas de cultivo y manejo. Corporación Autónoma del Quindío C.R.Q. Tercera edición. Impreso en Colombia. 192 p.
- González P., G. 2007. Características y usos del bambú. Acción Agraria. Lima, Perú. 45 p.
- INEGI. 2005. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Integración territorial del estado de Puebla. Segundo conteo de población y vivienda.
- Jiménez V., M.; J. Castillo, E. Tavares, E. Guevara y M. Montiel. 2006. *In vitro* propagation of the neotropical giant bamboo, *Guadua angustifolia* Kunth, through axillary shoot proliferation. Plant Cell Tiss Organ Cult 86: 389–395.
- Kibwage, J. K.; J. A. J. Oondo and G.M. Momanyi. 2008. Structure and performance of formal retailmarket for bamboo products in Kenya. Scientific Research and Essay 3: 229-239.
- Kumar, A. y C. B. Sastry. 1999. —NBAR” Red internacional del Bambú y el Ratán. Los productos forestales no madereros y la generación de ingresos. Unasyuva 50: 48-53.
- Nath, A. J. and A. K. Das. 2008. Bamboo resources in the homegardens of Assam: A case study from Barak Valley. J. Trop. Agric. 46: 58–61.
- Ramanayake, S. M. S. D. 2006. Flowering in bamboo: an enigma. Cey. J. Sci. (Bio. Sci.) 35: 95-105.
- Yasodha, R., S. Kamala, S.P. Anand Kumar, P. Durai Kumar and K. Kalaiarasi. 2008. Effect of glucose on *in vitro* rooting of mature plants of *Bambusa nutans*. Scientia Horticulturae. 116: 113-116.

CARACTERISTICAS EDAFOLOGICAS DE LOS SISTEMAS DE MILPA EN LA MICROCUENCA HIDROLOGICA DEL RIO APULCO

Zaldívar Martínez Pablo¹, Joaquín Medina Esteban¹, Enríquez García Fabián¹, Barrios Díaz Juan Manuel¹, Tobar Reyes J. Refugio¹ y Aarón Alonso Hernández² (Estudiante).

¹Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. San Juan Acateno, Teziutlán Puebla. E-mail: pablozaldimar@hotmail.com

²Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Resumen

Objetivo. Realizar una caracterización los de sistemas de milpa en la producción de maíz-frijol existentes en la microcuena hidrológica del Río Apulco.

Materiales y métodos. La localización del sitio de estudio es en la microcuena hidrológica del Río Apulco se encuentra ubicada a 97° 30' 12.35'' longitud O, 19° 57' 52.94'' latitud N aguas arriba y 97° 27' longitud O, 20° 13' 33.52'' latitud N aguas abajo, en el estado de Puebla, se determinaron los análisis de fertilidad como los marca la norma 021, y se utilizo el diseño de modelos por el método del transecto tomando una muestra del suelo por cada transecto.

Resultados y discusión. Las clases texturales encontradas en los suelos de los principales sistemas de producción de maíz-frijol en la microcuena hidrológica del Río Apulco fueron principalmente suelos francos en su mayoría y suelos arcillo-arenosos.

Conclusiones. De acuerdo a las propiedades fisico-químicas del suelo en los sistemas de producción de maíz dentro del municipio teziutlan, comparadas con las necesidades del cultivo, se determinó que los suelos son aptos para producir maíz, además de a algunas cultivos hortícolas como: chile, haba, lechuga, chícharo, papa, calabaza.

Palabras clave. Sistema de milpa, caracterización edafológica, microcuena hidrológica.

Abstract

Objective. Make a characterization the milpa system in maize-bean production in the watershed existing hydrological Apulco River.

Materials and methods. The location of the study site is in the watershed hydrological Apulco River is located at 97 ° 30 '12.35"W longitude, 19 ° 57' 52.94"N and 97 upstream ° 27 'W longitude, 20 ° 13 ° 33.52"N downstream in the state of Puebla, were determined as the fertility analysis sets the standard 021, and designing models use the transect method taking a soil sample for each transect.

Results and discussion. Textural classes found in the soils of the main systems of maize-bean production in the watershed hydrological Apulco River were mainly loam and soil mostly sandy clay.

Conclusions. According to the physicochemical properties of the soil in corn production systems within the municipality TEZIUTLAN, compared with crop requirements, we determined that the soils are suitable for growing corn, plus some vegetable crops such as chile, beans, lettuce, peas, potatoes, pumpkin.

Keywords. Milpa system, pedological characterization, watershed hydrology.

Introducción

Debido a la preocupación ecológica que surge a partir de la degradación de los ecosistemas y de las cuencas hidrológicas, por el mal manejo y el cambio del uso del suelo, es importante realizar estudios con fundamentos agronómicos que favorezcan a la conservación del suelo, además de conocer los sistemas de producción de maíz-frijol existentes en la microcuena hidrológica del Río Apulco es importante proponer alternativas que mejoren a dichos sistemas, para que se inicien las propuestas de solución a los problemas del sector agrícola y pecuario a nivel nacional. El conocimiento de estos dos grandes marcos de acción es necesario para poder plantear que recursos hay en la naturaleza susceptibles de ser aprovechados, los cuales requieren ser protegidos y en su caso, cuales son las condiciones políticas, económicas y sociales que el hombre tiene para poder obtener beneficios de los recursos que la

naturaleza le ofrece, conociendo el clima, suelo e Hidrología que conforma cada región del estado de Puebla (INEGI, 2000). La degradación de los ecosistemas generalmente daña a las comunidades rurales de manera más directa que a las poblaciones urbanas. Además, sus impactos más directos y graves recaen sobre los más pobres. El Sector de la población con mayor capacidad económica controla en muchas ocasiones el acceso a una mayor parte de los servicios que prestan los ecosistemas, consume sus servicios a una mayor tasa y está protegido contra los cambios en su disponibilidad gracias a su capacidad para adquirir los servicios de otros ecosistemas. La pobreza y la degradación ambiental pueden combinarse en un ciclo de deterioro ascendente; las comunidades pobres frecuentemente tienen menos opciones para conservar sus recursos, lo que lleva a un deterioro mayor de la tierra y, a su vez, a una mayor pobreza (SEMARNAT, 2005).

El objetivo central del presente trabajo es realizar una caracterización los de sistemas de milpa en la producción de maíz-frijol existentes en la microcuenca hidrológica del Río Apulco.

Materiales y Métodos

La localización del sitio de estudio es en la microcuenca hidrológica del Río Apulco que se encuentra ubicada a $97^{\circ} 30' 12.35''$ longitud, $19^{\circ} 57' 52.94''$ latitud aguas arriba y $97^{\circ} 27'$ longitud, $20^{\circ} 13' 33.52''$ latitud aguas abajo, en el estado de Puebla Figura 1.

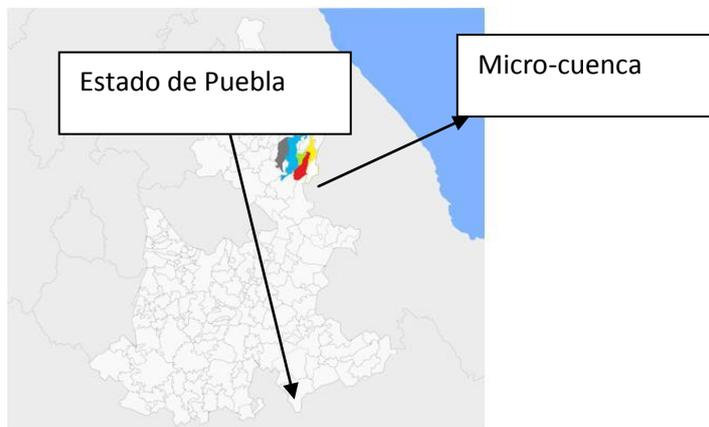


Figura 1. Localización de la microcuenca hidrológica del Río Apulco (INEGI, 2008).

Los tipos de suelos presentes en la microcuenca del Río Apulco aguas arriba cerca de la comunidad de San Carlos que se encuentra en la comunidad de Zacapoaxtla a $97^{\circ} 35' 52''$ longitud $19^{\circ} 55' 35''$, son: Litosol (I): Son suelos de menos de 10 centímetros de espesor sobre roca o tepetate. No son aptos para cultivos de ningún tipo y sólo pueden destinarse a pastoreo. Es el suelo predominante; ocupan la parte septentrional y la Rivera del Río Apulco.

En los suelos que se presentan en la subcuenca aguas abajo último punto en el estado de Veracruz comunidad del Chacal a $97^{\circ} 27'$ longitud, $20^{\circ} 13' 33.52''$ los tipos de suelos que se localizan son: Regosol: Es el suelo predominante ocupa más de 75% del territorio: en ocasiones presenta fase pedregosa (fragmentos de roca o tepetate de 7.5 cm. de diámetro). Feozems: Ocupa una área reducida al noreste, en la rivera del Río Apulco en el cual presenta fase pedregosa. Nitosol: Se localiza en áreas reducidas al noreste. Andosol: Se localiza en una área reducida del sur (INEGI, 2000). Figura 2.

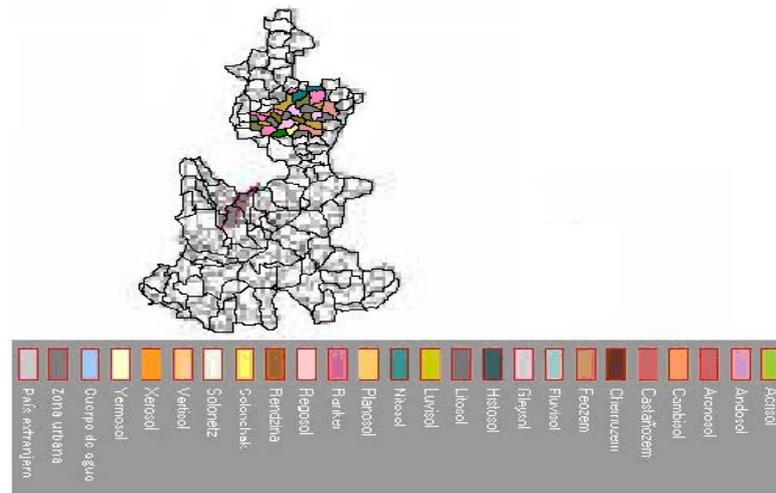


Figura 2. Tipos de suelo en la subcuenca hidrológica Tehuantepec-Apulco (INEGI, 2000).

Resultados y Discusión

Propiedades físico-químicas del suelo en los sistemas de producción de maíz-frijol en la microcuenca hidrológica del Río Apulco

Las clases texturales encontradas en los suelos de los principales sistemas de producción de maíz-frijol en la microcuenca hidrológica del Río Apulco fueron principalmente suelos francos en su mayoría y suelos arcillo-arenosos.

Dibujos de los transectos

Consistió en dibujar los recorridos dentro de cada predio de maíz-frijol indetificado, dentro de la microcuenca hidrológica del Río Apulco, con una superficie mayor a 2 ha. Figura 3

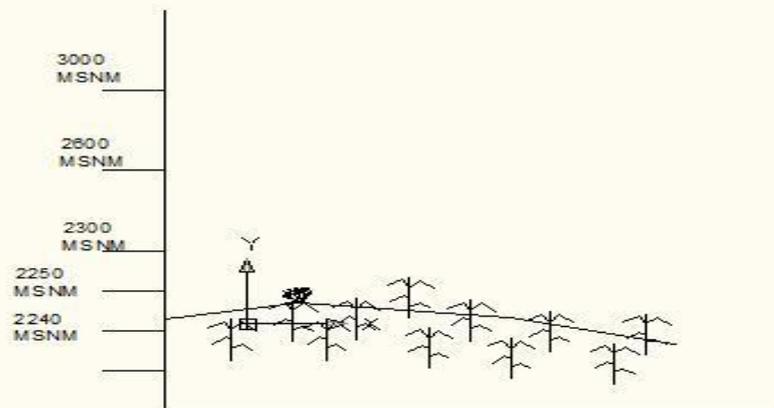


Figura 3. Transecto 1. Municipio de Teziutlan, localidad Sección 23

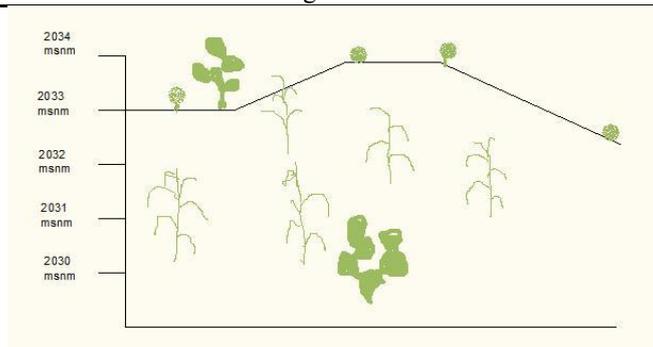
De acuerdo al análisis del suelo efectuado dentro de este transecto, el estudio realizado y sus características podemos decir que los suelos son aptos para cultivar maíz-frijol, según (Echeverría y García, 1998), que se refiere a que los suelos de textura franca contienen un porcentaje de materia orgánica entre el 40- 55 % y son aptos para cultivar granos y algunas hortalizas (Cuadros 1, 2).

Cuadro 1. Características edafológicas de los sistemas de producción Maíz-Frijol en la microcuenca hidrológica del Río Apulco

Numero de muestra	Profundidad (cm.)	Clase textural	M.O (%)	pH	D.A	CE (ds/ml)
1	30	Franca	7.1	5.7	1.15	0.50
2	30	Franca	8.5	5.7	1.10	0.46
3	30	Franca	6.0	5.7	1.13	0.40
4	30	Franca	10.2	5.4	1.05	0.48
5	30	Franca	5.1	5.5	1.13	0.71
6	30	Franca	13.4	5.8	1.01	0.67
7	30	Franca	6.5	6.0	1.17	0.51
8	30	Franca	7.6	5.2	1.15	0.72
9	30	Franca	6.2	5.9	1.14	0.81
10	30	Franca	4.2	5.4	1.14	0.79
11	30	Franca	8.1	4.9	1.13	0.46
12	30	Franca	7.2	4.7	1.13	0.54
13	30	Franca	7.2	5.2	1.21	0.47
14	30	Franca	9.4	5.4	1.12	0.66
15	30	Franca	11.1	5.1	1.01	0.72
16	30	Franca	6.1	5.2	1.14	0.43
17	30	Arcillo-arenoso	8.3	5.5	1.10	0.57
18	30	Arcillo-arenoso	8.6	5.2	1.15	0.78
19	30	Arcillo-arenoso	11.2	5.3	1.13	0.81
20	30	Arcillo-arenoso	11.6	4.9	1.14	0.49

Cuadro 2. Resultado del análisis del suelo en el transecto de 1 municipio de Teziutlán

pH	5.7	Ca meq/100g	4.4
MO %	7.1	Mg meq/100g	1.5
N %	0.255	Na meq/100g	0.58
Arena %	44.4	K meq/100g	1.14
Limo %	41.3	CIC meq/100g	40.1
Arcilla %	14.3	P ppm	3.2
Textura	Franca	CE ds/m	0.50
		DA g/ml	1.15

**Figura 4. Transecto 4, Municipio de Teziutlán, Localidad de San Pedro Xoloco.**

De acuerdo al análisis del suelo efectuado dentro de este transecto, el estudio realizado y sus características podemos decir que los suelos son aptos para cultivar maíz-frijol, según (Echeverría y García, 1998), que se refiere a que los suelos de textura franca contienen un porcentaje de materia orgánica entre el 10- 25 % son aptos para cultivar granos y algunas hortalizas. Cuadro 3., Figuras 5 y .6

Cuadro 3. Resultado del análisis del suelo en el transecto 4 municipio de Teziutlán

pH	5.4	Ca meq/100g	2.0
MO %	10.2	Mg meq/100g	0.5
N %	0.355	Na meq/100g	0.62
Arena %	40.4	K meq/100g	0.77
Limo %	43.3	CIC meq/100g	52.5
Arcilla %	16.3	P ppm	2.8
Textura	Franca	CE ds/m	0.48
		DA g/ml	1.05

**Figura 5. Fotografía aérea, Sección 23, Teziutlán (Google earth, 2003)****Figura 6. Fotografías del muestreo en el Municipio de Teziutlán****Literatura citada**

Echeverría H. y F. García. 1998. Guía para la fertilización fosfatada de trigo, maíz, girasol y soja. Boletín Técnico No. 149. EEA INTA Balcarce.
<http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=10215>

CAÑA DE AZÚCAR Y SU PRODUCCIÓN EN EL INGENIO LA GLORIA, VERACRUZ, MÉXICO.

Romero, Hernández Gaspar¹, Cruz Montalvo Abel¹, Castelán Vega Rosalía del Carmen¹, Tamariz Flores Víctor¹ y Marín Castro Marco Antonio¹

¹Instituto de Ciencias Agrícolas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. E-mail: cs001037@siubuap.mx

Resumen

México se ubica dentro de los 10 principales productores de caña de azúcar a nivel mundial. La agroindustria azucarera contribuye con más de 0.5% en el producto nacional bruto y con el 12.5% en el producto del sector alimenticio de nuestro país. En el municipio de Ursulo Garván donde se ubica el Ingenio La Gloria la caña de azúcar es el cultivo de mayor importancia económica, social y política. Con relación a su impacto económico, se siembra una superficie de 7,532 hectáreas, con una producción de caña de azúcar molida de 721,374 toneladas y 85,174 toneladas de azúcar elaborada. Sin embargo, actualmente en la zona no se desarrollan programas de investigación para el diseño de paquetes tecnológicos con base al tipo de suelo y condiciones climáticas específicas de la zona cañera, por lo anterior, con la aplicación del paquete tecnológico definido mediante el presente trabajo de investigación, los rendimientos del cañaveral pueden incrementarse hasta en 40 toneladas por hectárea.

Palabras claves: producción, nutrición, caña

Abstract

Mexico is located within the top 10 sugar producers worldwide. The sugar industry contributes more than 0.5% of GNP and 12.5% in the product of the food industry in our country. In the municipality of Ursulo Garvan which houses the Ingenio La Gloria sugar cane cultivation is the most important economic, social and political. Regarding their economic impact, planting an area of 7.532 hectares, with production of crushed sugarcane 721.374 tons and 85.174 tons of sugar produced. However, currently in the area do not develop research programs for the design of technological packages based on the types of soil and climatic conditions specific to the area of sugarcane by the above, with the application of the technology package defined by this work research, cane yields can be increased up to 40 tons per hectare.

Key words: production, nutrition, sugar

Introducción

México se ubica dentro de los 10 principales productores de caña de azúcar a nivel mundial. La agroindustria azucarera contribuye con más de 0.5% en el producto nacional bruto y con el 12.5% en el producto del sector alimenticio (FUPROVER, 2003). La caña representa una de las actividades de mayor importancia en la economía nacional; junto con el maíz, frijol, trigo y café integran los cinco productos básicos alimenticios. La producción de caña de azúcar se basa en 61 ingenios distribuidos en 15 los estados de la república mexicana; destacándose por su producción total los estados de Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí y Tamaulipas (SIAP, 2011). Entre los grupos azucareros más importantes se encuentra el Consorcio Escorpión, con 22% de la capacidad total, Grupo Machado y seguido en importancia por el Grupo Azucarero México. Las diversas labores de cultivo desde su siembra hasta la cosecha, constituye una fuente de ingreso estable para un gran número de personas de la población rural, entre ellos 131,533 productores, 76,854 cortadores y 41,877 obreros que trabajan en los ingenios. Se estima que la población dependiente de la industria azucarera comprende 294,700 personas (Flores, 1996).

En la zafra 98/99 la producción de azúcar se estimó en 4.13 millones de toneladas métricas, mientras que actualmente alcanza los 5.0 millones de toneladas, sin embargo, el consumo de azúcar por persona en nuestro país no ha mantenido el mismo ritmo que la producción. Lo anterior debido a que cuando el poder de compra del consumidor se recuperaba ocurrió la devaluación, por lo que se experimentaron pérdidas del valor de la moneda mexicana. Otro factor que ha contribuido al bajo consumo de azúcar

es la creciente competencia de los edulcorantes sustitutos (fructosa, glucosa), de procedencia nacional o extranjera, elaborados principalmente de maíz y de especial utilidad en la industria refresquera. Así, la industria azucarera mexicana intentaría exportar el producto que exceda de la cuota de producción establecida, con el propósito de mantener los precios internos por encima de los internacionales, pese a que los cañeros y los procesadores tienen que compartir las pérdidas por vender al exterior a los deprimidos precios internacionales (Miranda y Ortiz, 2001).

La empresa azucarera conocida actualmente como ingenio La Gloria, se origina en los años de 1890 a 1949, funcionando como trapiche particular. Posteriormente en 1949 se transforma y se nombra nuevamente convirtiéndose en el ingenio La Gloria, a partir de esta fecha y hasta el año de 1981 dicho Ingenio perteneció a la iniciativa privada, con una capacidad de molienda de 198,000 toneladas; en los años de 1981 a 1989 paso a ser propiedad del gobierno federal y su capacidad de molienda se amplió a 350,000 toneladas. No obstante, las políticas del gobierno federal en años pasados fue privatizar todas aquellas industrias no estratégicas para el desarrollo de la economía nacional y nuevamente en el año de 1989 fue privatizado. Actualmente el ingenio tiene una capacidad de molienda total de 721,374 toneladas. De manera similar el tipo de azúcar también ha cambiado con los años, inicialmente se producían panelas, después azúcar de mascabado, azúcar estándar morena y actualmente se produce azúcar estándar blanca especial.

Respecto a las plagas limitantes de la producción de caña de azúcar en la región, se destacan la mosca pinta (*Aeneolamia spp.*) conocida también como "alivazo" y los barrenadores del tallo (*Diatraea spp.* y *Eurema spp.*). Para su combate se implementa un programa de control, el cual incluye la aplicación de productos biológicos y químicos con equipo manual e incluso mediante helicóptero, a pesar de esto el control del "alivazo" no es del todo eficiente, debido a la persistencia de la plaga durante los periodos que presentan condiciones de temperatura y humedad favorables para la eclosión de huevecillos.

En esta región cañera las malezas representan un problema serio en el desarrollo de la caña de azúcar, dado su competencia por espacio físico, nutrientes, agua y luz, las malas hierbas puede reducir los rendimientos hasta en 50% en cañaverales de "ciclo soca" y "ciclo resoca", mientras que en plantaciones nuevas "ciclo plantilla" si no se controla puede ocasionar la pérdida del cultivo. Con la aplicación oportuna de herbicidas pre-emergentes y pos-emergentes en dosis recomendadas se logra la eliminación de las malezas, sin embargo, algunas como el zacate peludo, zacate johnson, coquillo y bejucos son ampliamente persistentes por condiciones de clima, tipo de suelo o abundancia de semillas en el área. Las experiencias en este aspecto indican que en terrenos recién abiertos al cultivo de caña de azúcar se requieren de 5 a 7 años para reducir su incidencia.

A pesar de la importancia de este cultivo en la zona de estudio, actualmente no se desarrollan programas de investigación, de tal manera que actualmente se recomienda una sola dosis de fertilizante generalizada para todos los tipos de suelos y por ende para todos los productores. Otro problema es la asesoría técnica, la cual prácticamente se enfoca a vigilar la aplicación de insumos y al reporte de las labores agrícolas que se van realizando durante el ciclo agrícola, bajo estas circunstancias, los técnicos disponen de poco tiempo para asesorar a los productores sobre el uso de fertilizantes, aplicación de insecticidas, manejo de los sistemas de riego, entre otros factores de la producción.

En función del potencial productivo de los suelos locales, se considera que un paquete tecnológico de caña de azúcar con afinidad para cada tipo de suelo presente en la zona de abasto, puede incrementar los rendimientos medios de 90 a 120 toneladas por hectárea. Con relación a la problemática mencionada y ante la falta de una guía para el cultivo de caña de azúcar en la región, en el presente trabajo se evaluó un paquete tecnológico específico para suelos vertésoles con base a la experimentación en campo, experiencias de los productores y técnicos agrícolas en la región.

Materiales y Métodos

El ingenio La Gloria se localiza en la región cañera XIII Costa de Veracruz, la cual se encuentra en el Golfo de México, entre las coordenadas 19° 25' y 20° 30' latitud norte y 96° 27' y 97° 30' longitud oeste. Los campos cañeros se localizan entre 10 y 150 msnm, la región presenta un clima semiseco a húmedo, con deficiencia pluvial de hasta 50 cm en invierno y excedente de más de 15 cm en verano y otoño, cálido con régimen uniforme de temperatura.

En la zona de estudio se seleccionaron tres sitios experimentales, y de acuerdo con la textura correspondieron a suelos arcillosos, en cada sitio se estableció una parcela experimental. El paquete tecnológico propuesto correspondió al tradicionalmente usado por los productores, las variables de estudio fueron las dosis de fertilizantes. El diseño de tratamientos fue de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para cuantificar los resultados se tomó como parámetro de evaluación el rendimiento de caña de azúcar. Los rendimientos se evaluaron al nivel de campo, por métodos estadísticos y por su ingreso económico.

Resultados y discusión

Con base a los resultados obtenidos se recomienda el siguiente paquete tecnológico que consiste en: preparación del suelo (subsuelo, barbecho, cruce de barbecho y surcado), la caña requiere de una buena preparación de suelo por su desarrollo profundo de raíces; cuando se tienen terrenos con problemas de pendiente se deben de nivelar con el fin de aprovechar mejor el agua de riego y de lluvia (García, 1973); se recomienda surcar a una profundidad de 30 cm, a una distancia entre surco de 1.20 m y con una longitud de surco de 80 a 100 metros a los que deberán construirse las regaderas; para evitar el ataque de plagas del suelo se debe aplicar 20 kilogramos de Furadan granulado al fondo del surco; para lograr una germinación del mayor número de yemas posible, debe usarse caña sana y vigorosa, de ciclo plantilla, de 8 a 10 meses de edad.

Respecto al método de siembra, para lograr una buena población inicial de tallos es necesario que se deposite la semilla en el fondo del surco ya sea a cordón doble o entrecruzado, esto depende de la variedad y de la calidad de la semilla, la cantidad de semilla oscila entre 8 y 10 toneladas por hectárea; la mejor época de siembra en la región centro, es durante el periodo que comprende los meses de julio a octubre, no se recomienda la siembra en los meses noviembre a marzo, por el retraso que sufren las plantas en el desarrollo a causa de las bajas temperaturas y la escasez de agua en abril y mayo; la caña germina mejor cuando se siembra en trozos de 3 yemas, la semilla se debe de tapar con una delgada capa de tierra, de 6 a 8 cm de espesor, se puede tapar con azadón en suelos de textura franco arenosos, en suelos arcillosos se recomienda enterrar la semilla con el pie después del riego de siembra. Para el control de maleza se recomienda aplicar al momento de la siembra herbicida pre-emergente, el producto comercial recomendado es Gesapax Combi 50 FW a dosis de 2 kilogramos por 200 litros de agua, para cubrir una superficie aproximada de una hectárea; en la segunda aplicación se recomienda el uso de herbicida pos-emergente Gesapax H a dosis de 2 litros por 200 litros de agua, cuando la maleza tenga menos de 10 cm de altura. La buena producción y calidad de la materia prima puede lograrse mediante una fertilización equilibrada, restituyendo al suelo los elementos nutritivos que extrae la caña, sin embargo, para que los fertilizantes generen incentivos económicos es necesario que el fertilizante sea colocado cerca de la raíz y taparlo, dando así la oportunidad a la planta de deponer de nutrientes a lo largo de su ciclo vegetativo. Al respecto se recomienda aplicar 400 kg ha¹ de nitrógeno, 85 kg ha¹ de fósforo y potasio.

El control de plagas en este paquete tecnológico se efectuó con 2 a 3 aplicaciones de insecticida. En el caso de mosca pinta o salivazo se controló con 1.0 litro Furadan por 200 litros de agua, y respecto al barrenador del tallo se controló con Nuvacron 50 L.S. a dosis de 1.0 litro por 200 litros de agua. Previamente cuando la caña presenta una altura aproximada de 15 cm se recomienda dar un paso de cultivadora para combatir la maleza que crece entre surcos y romper la capa que se forma en los suelos, aumentando así la porosidad y aireación del suelo. La labor de aporque debe efectuarse poco antes del cierre de campo, cuando la planta tiene un desarrollo de aproximadamente 50 a 60 cm, con ella se da tierra a la planta, propiciando un mejor enraíce y amacollamiento, se recomienda efectuarlo

una vez que se haya fertilizado. Con la aplicación oportuna de los riegos y una distribución eficiente del agua de riego se logrará la obtención de los máximos rendimientos de caña de azúcar posible en la zona, apoyados con un combate oportuno de las malezas, fertilización e inspección fitosanitaria de rutina. Finalmente se realiza el chapeo de orillas y deshoje de la planta, la cosecha consiste en quema, corte, alza y acarreo.

Los rendimientos que se obtuvieron con este paquete tecnológico fueron de 130 toneladas por hectárea de caña de azúcar, los cuales superaron a los tradicionalmente obtenidos de 90 toneladas por hectárea, implicando un incremento de la producción de 40 toneladas por hectárea, con un ingreso neto de \$4000.00 por hectárea por este incremento.

Conclusiones

La aportación oportuna de los agroinsumos para el control de plagas, control de malezas, fertilización y control de enfermedades con base al paquete tecnológico favoreció el incremento de la producción en los campos cañeros. La utilización de semilla sana, la humedad en el suelo y seguimiento técnico son imprescindibles para obtener alta población y correcto establecimiento del cultivo.

Literatura Citada

- Marín C. M. A., G. Romero H. y R. Romero H. Producción de caña de azúcar en el ingenio La Gloria, Veracruz. Memorias del XV Congreso Latinoamericano y II Cubano de la Ciencia del Suelo.
- García, E. A. 1973. Manual de Campo en Caña de Azúcar. Comisión Nacional de la Industria Azucarera, Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar. Imprenta Venecia S.A. México. 223 p
- Flores, C. S. 1994. Las plagas de la caña de azúcar en México. Editorial servicios gráficos OREL. México D.F. 287 p.
- FUPROVER. 2003. Azúcar. En línea: <http://www.snitt.org.mx/pdfs/demanda/cana-de-azucar.pdf> Julio de 2011.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA). 2011. Cierre de la producción agrícola por estado 2010; cultivo de caña de azúcar; ciclos perennes riego+temporal. En línea: <http://www.siap.gob.mx/>. Julio de 2011.

RENDIMIENTO Y COMPONENTES DE MAZORCA EN HÍBRIDOS EXPERIMENTALES DE MAÍZ EN TRES LOCALIDADES

Luna Ortega J. Guadalupe ^{*1}, Cisneros Rodríguez Willy ², Mendoza Retana SaraiShesareli³, Perales de la Cruz miguel Ángel ⁴, Gallegos Robles miguel Ángel⁵ y García Cueto Juan Pablo ⁶

^{*1} Alumno de doctorado en Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en Zonas Áridas y Semiáridas, Correo electrónico: lupe_lunao@yahoo.com.mx, ² Alumno de Licenciatura de la FAZ-UJED, ³ Alumna de Maestría en Agricultura Orgánica Sustentable, ⁴ Investigador del INIFAP de Pabellón de Artiaga Aguascalientes Ags. ⁵ Dr. Investigador de la Facultad de agricultura y Zootecnia-FAZ-UJED ⁶ Ingeniero Agrónomo en Agroecología.

Resumen

Con el propósito de cuantificar la respuesta de un grupo de genotipos de maíz se formaron y evaluaron 144 híbridos experimentales en tres localidades Torreon-1, Torreon-2 y Aguascalientes durante el ciclo primavera – verano del 2007. La siembra se realizó a mano bajo un diseño de bloques completos al azar donde la parcela experimental consto de 2 m de largo y 0.75 de ancho y a una población de 85,000 pl/ha. Las variables evaluadas fueron (RG), rendimiento de grano (DMZ), diámetro de la mazorca (LMZ), longitud de la mazorca (NOHI), número de hileras (GHI), granos por hilera y (PMG), peso de mil granos. Los resultados indican que las localidades, fueron significativamente diferentes entre sí, siendo la localidad Torreon-1 la más sobresaliente para el rendimiento de grano y componentes de mazorca. En cuanto a los grupos se encontró que fueron estadísticamente diferentes, donde el grupo-5 mostro el mejor desempeño, sobresaliendo: 55, 50, 53 y 56. Los híbridos fueron significativamente diferentes con excepción de LMZ y GHI. Las variables RG y DMZ, fueron las que mostraron mayor efecto de interacción, no así para el resto de las variables. Los híbridos sobresalientes fueron: 55, 50, 144, 32, 66, 53, 134, 131, 56 y 3.

Palabras clave: híbrido, genotipo, significancia.

Abstract

In order to quantify the response of a group of maize genotypes were formed and 144 experimental hybrids evaluated at three locations-1 Torreon, Torreon and Aguascalientes-2 cycle spring - summer 2007. Planting is done by hand under a design of a randomized complete block where the experimental plot consists of 2 m long and 0.75 wide and a population of 85,000 pl / ha. The variables assessed were (RG), grain yield (DMZ), diameter of the ear (LMZ), length of the ear (NoHi), number of rows (Ghi), kernels per row and (PMG), TSW . The results indicate that the locations were significantly different from each other, with the town Torreon-1 the most prominent for grain yield and ear components. As the groups were found statistically different, where the group-5 showed the best performance, standing: 55, 50, 53 and 56. The hybrids were significantly different except LMZ and Ghi. GY and DMZ, were those that showed greater interaction effect, but not for the other variables. Hybrids were out standing: 55, 50, 144, 32, 66, 53, 134, 131, 56 and 3.

Key words: hybrid 1, genotype 2, significance 3.

Introducción

De acuerdo con estimaciones del USDA la producción mundial de maíz para el ciclo 2007/2008 será de 770.1 millones de toneladas, en donde el 43.3% representa la producción de Estados Unidos, el 18.8% corresponde a China y el 6.9% a Brasil. Las proyecciones para el ciclo 2007/2008 muestran que el consumo mundial crecerá en 7.1% con respecto a 2006/2007, ubicándose en las 770.7 millones de toneladas. La producción de maíz en México para el ciclo 2007/2008 será de 22.5 millones de toneladas 2.3% superior al ciclo anterior. Los estados con mayor producción son Sinaloa (20%), Jalisco (14%) y el Estado de México (8%) (FIRA, 2008).

En nuestro país actualmente en diferentes instituciones se llevan a cabo programas de mejoramiento, ya que las variedades de híbridos de maíz que se explotan comercialmente presentan un comportamiento muy distinto cuando se siembran en diferentes regiones.

En la Comarca Lagunera, ubicada en el Norte de México, se siembran anualmente 15 000 ha de maíz de grano y 24 000 ha de maíz forrajero, en su mayoría con híbridos comerciales para grano desarrollados por compañías trasnacionales para otras áreas del país. Se considera que los híbridos

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

altamente productores de grano son también los mejores en calidad de forraje. El objetivo es cuantificar la respuesta de un grupo de genotipos de maíz con el fin de conocer su desempeño promedio en tres localidades.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN-UL), en Torreón, Coahuila y en el ejido el Niágara del estado de Aguascalientes. Se originándose 144 cruza, las cuales se evaluaron en un diseño experimental de bloques al azar, con dos repeticiones por localidad. La parcela experimental fue de dos surcos de dos metros de largo y 0.70 m de ancho, con seis plantas por metro, para tener una población aproximada de 85,000 plantas ha⁻¹; el riego se aplicó con cintilla, procurando mantener un buen nivel de humedad durante el ciclo. Las variables evaluadas fueron: rendimiento de grano (RG), diámetro de la mazorca (DMZ), granos por hilera (GHI), peso de mil granos (PMG), número de hileras (NOHI), y longitud de la mazorca (LMZ). Se realizó el análisis genético con el diseño II de apareamiento de Carolina del Norte de Comstock y Robinson (1948), con el siguiente modelo lineal. El análisis estadístico para las variables evaluadas, se realizó con el paquete SAS (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 1988).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1, (análisis de varianza) se presentan las significancias de los cuadrados medios de las variables evaluadas: RG, DMZ, LMZ, NoHi, Ghi y PMG. En donde para la FV. Localidades (L), se observa que las variables RG, DMZ, LMZ, NoHi, Ghi y PMG, son altamente significativas. Lo cual indica que todas las variables anteriores fueron diferentes en cada una de las localidades. Es posible que las condiciones ambientales de cada localidad hayan influido de manera directa para obtener estos resultados. Lo anterior se muestra en el cuadro 2. El cual presenta las diferencias en cada una de las variables en las localidades.

Cuadro 1. Análisis de varianza de comparación de localidades.

FV	GL	RG	DMZ	LMZ	NoHi	Ghi	PMG
(kg/ha)	(m)(m)	(kg)					
L	2	4796167187.90**	0.00898**	0.104**	131.77**	1708.45**	1.664**
G	1125505774.38**	0.00022**	0.006**	19.53**	125.94**	0.016**	
B(L)	3	5366994.9***	0.00008	0.002	5.87*	13.29	0.004
H (G)	132	8674183.89**	0.00014**	0.001	2.51**	22.76	0.004**
L * G	22	28491622.85**	0.00016**	0.001	2.61	37.32*	0.008**
L* H (G)	264	7685407.72**	0.000012*	0.001	1.70	20.51*	0.003**
G * B (L)	33	1254069.15*	0.00005	0.001	1.70	34.15*	0.007**
ERROR		851645.29	0.00004	0.001	1.79	23.03	0.003
TOTAL							
MEDIA		10973.98	0.04	0.17	14.86	37.46	0.25
CV	8.41	14.04	21.73	9.01	12.81	20.92	

** significativo al 0.01 y 0.05 de probabilidad; RG= rendimiento de grano, DMZ= diámetro de la mazorca, LMZ= longitud de la mazorca, NoHi= número de hileras, Ghi= granos por hilera, PMG= peso de mil granos.

En el Cuadro 2, se muestran las diferencias medias para las variables RG, DMZ, LMZ, NohI, Ghi y PMG para las tres localidades. De la cual se observa que la localidad Torreón-1 obtuvo los valores más altos en todas las variables, seguida de la localidad Torreón -2 y, por último la localidad Aguascalientes (Ags) que obtuvo los valores menores en todas las variables. Lo anterior es por efecto de los factores ambientales que posee cada localidad y que a su vez influyo de manera directa en el comportamiento de los híbridos y es su desempeño.

Para la variable RG, el comportamiento de los híbridos fue estadísticamente diferente en las tres localidades (Torreón-1, Torreón-2, Ags.). En cambio para la variable DMZ, el comportamiento de los híbridos de las localidades (Torreón-1, Torreón-2) fue el mismo, pero no así para la localidad (Ags).

En la variable LMZ, el comportamiento de híbridos fue diferente en las tres localidades y al mismo tiempo la variable NoHi presento el mismo comportamiento que presento la variable DMZ. Por último el comportamiento de los híbridos de las tres localidades para las variables Ghi y PMG mostraron ser diferentes.

Cuadro 2. Rendimiento de grano y componentes de mazorcas de tres localidades.

LOCALIDAD	RG (Kg/ha)	DMZ (m)	LMZ (m)	NoHiGhi	PMG (Kg)		
Torreón1	1433.4 a	0.04 a	0.18 a	15.05 a	40.05 a	0.326 a	
Torreón 2	12154.7 b	0.04 a	0.17 a	15.20 a	37.08 b	0.257 b	
Ags	6432.9 c	0.03 b	0.15 c	14.08 b	35.22 c	0.174 c	
Media	DMS	922.4	0.002	0.006	0.279	1.056	0.0152

• con la misma letra, son estadísticamente iguales al 0.05 de probabilidad. +RG= rendimiento de grano, DMZ= diámetro de la mazorca, LMZ= longitud de la mazorca, NoHi= número de hileras, Ghi= granos por hilera, PMG= peso de mil granos. Tratamientos

Conclusiones

Las localidades fueron significativamente diferentes entre sí, donde la localidad Torreón-1 fue la más sobresaliente para el rendimiento de grano y componentes de mazorca. En cambio para la variable DMZ, el comportamiento de los híbridos de las localidades (Torreón-1, Torreón-2) fue el mismo, pero no así para la localidad (Ags), Por último el comportamiento de los híbridos de las tres localidades para las variables GHI y PMG mostraron ser diferentes.

Literatura citada

- FIRA. 2008. Boletín de Mercado: maíz. Dirección de Análisis Económico y Sectorial. (SAS Institute, Inc.; SAS. B. 1988).
- Comstock R E, H F Robinson (1948). The components of genetic variance in populations of biparental and their use in estimating the average degree of dominance. *Biometrics* 4: 254–266.

CONSTRUCCION DE UN BIOESPACIO Y APLICACIÓN DE LA TECNICA DE BIOFUMIGACION PARA LA PRODUCCION DE CULTIVOS HORTICOLAS.

Potisek Talavera María del Carmen.¹, González Cervantes Guillermo¹, Macías Rodríguez Hilario¹, Velásquez Valle Miguel¹, Chávez Simental Jorge¹

potisek.carmen@inifap.gob.mx

Investigadores del INIFAP-CENID-RASPA¹

Resumen

La tecnología de producción en invernaderos y bioespacios es una alternativa de producción con menos riesgo de siniestralidad. Los bioespacios son estructuras consideradas en Europa de baja tecnología por lo que su costo es menor, comparado con el de los invernaderos. Las dimensiones del Bioespacio construido en el CENID-RASPA son: 14m de ancho por 22m de largo, teniendo un espacio diagonal de 2m., haciendo una superficie total de 308m². Con una resistencia máxima al viento de 110km/ hr y una capacidad de carga de 35kg/m². La altura de las columnas perimetrales es de 3 m; mientras que la altura de columnas para la cumbrera es de 5m. La altura al tutoreo es de 3m para soporte del cultivo, el cable de carga utilizado para el tutoreo es de ¼" con cable de retenida de 1/4. Lleva cuatro esquineros de tubo cuadrado de 2.1/2" cal. 14 G90. Cable de forma de 3/16" con cable de retenida de 3/16 y para el anclaje de los postes en columna ahogada. La malla antiáfido con características de monofilamento estabilizado de tejido plano de 16X10 hilos fue la empleada para cubrir la parte de la cumbrera; mientras que para cubrir las paredes laterales fue la malla de 16X20. La temperatura presenta un rango de variación de 44 hasta 49oC en el bioespacio, a diferencia de la temperatura en el ambiente exterior con valores sensiblemente homogéneos de 39.5oC. La Humedad Relativa presenta valores con un rango de 23 a 17 % en el bioespacio a diferencia del ambiente exterior con un incremento que oscila de 29 a 27%.

Palabras clave: Características, Casa-Sombra, Temperaturas, Humedad Relativa

Abstract

The production technology in greenhouses and is an alternative bioespacios production with less risk of accidents. The structures are considered bioespacios low-tech in Europe so its cost is lower compared to the greenhouses. The dimensions of the built in CENID Bioespacio-bark are 14m wide by 22m long, having a diagonal space of 2m., With a total area of 308m². With a maximum resistance to wind of 110km / h and a payload of 35kg/m². The height of the perimeter columns is 3 m while the height of columns to the ridge is 5m. The height is 3m to tutoring to support the crop, the charging cable is used for tutoring ¼ "cable retainer of 1 / 4. It takes four corners of square tube 2.1 / 2 "cal. 14 G90. Cable-shaped 3 / 16 "cable retainer 3 / 16 and the anchoring of the posts column drowned. The mesh monofilament antiáfido features stabilized 16x10 woven wire was used to cover part of the ridge, while the side walls to cover the mesh 16X20. The temperature has a variation range of 44 to 49oC in bioespacio, unlike the temperature in the outside environment with values 39.5oC substantially homogeneous. Relative humidity has values ranging from 23 to 17% bioespacio unlike the external environment with an increase ranging from 29 to 27%.

Keywords: Characteristics, Home-Shade, Temperature, Relative Humidity

Introducción

En la Laguna, prevalece un clima seco desértico, el cual, de acuerdo con la clasificación de García, (1973); menciona que la precipitación anual que oscila es entre 80 y 250 mm y una temperatura máxima promedio de 33.7°C. Dadas las condiciones de escasa precipitación y temperaturas extremas, aunado a los eventos extremos que se han presentado; el riesgo de siembra por siniestro se ha incrementado y una alternativa de producción es, utilizar la tecnología de Invernaderos y bioespacios ó también llamados casa-sombra para la producción hortícola fuera de temporada y con mayor rentabilidad. Según (Henaó, 2001), los invernaderos son espacios con el microclima apropiado para el óptimo desarrollo de una plantación específica, en donde deben mantenerse condiciones climáticas de

temperatura, humedad relativa y ventilación apropiadas que permiten alcanzar alta productividad, a bajo costo, en menor tiempo, sin daño ambiental y protegiendo al cultivo de las lluvias, el granizo, las heladas, los insectos o los excesos de viento que pudieran perjudicarlo. El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de primera calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, a la vez que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles y obteniendo mejores precios SAGARPA-FAO, (2002). El desarrollo de los cultivos, en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado a los cuatro factores climáticos: temperatura, humedad relativa, luz y CO₂.

Para que las plantas puedan realizar su función fotosintética es necesaria la conjunción de estos factores dentro de límites mínimos y máximos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo, inclusive llegar a la muerte, Gardner et al.(1990). La temperatura es el parámetro más importante que se debe tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro del invernadero, pues es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las llamadas casa-sombra o malla sombras son estructuras consideradas en Europa de baja tecnología (Guantes, 2006); por lo que su costo es menor, comparado con el de los invernaderos.

El precio podría variar entre los 4 o 5 euros/m² hasta el año 2006. De acuerdo a Castellanos y Borbón, (2009), mencionan que a partir del 2004, en México, el crecimiento exponencial de construcción en invernaderos y casa- sombra o bioespacios, refleja la importancia de la actividad hortícola bajo este sistema, llegando a cuantificarse alrededor de 10 000 hectáreas con agricultura protegida; de las cuales 5 000 son invernaderos y el resto casa-sombra o bioespacios. La alternativa de producción de hortalizas bajo el sistema de bioespacios, ofrecen la opción de que sean más rentables que los invernaderos con mediana y alta tecnología, pues no requieren de la climatización en los mismos, además de aprovechar las condiciones de clima que anteriormente se han mencionado y lo más importante producir fuera de temporada.

La fumigación del suelo en muchos países de Latinoamérica por lo general se realizaba con Bromuro de Metilo; dentro de los tratados Internacionales para la protección de la capa de ozono, resalta el protocolo de Montreal, en el cual se menciona al bromuro de metilo como una de las sustancias controladas y que a partir del 1º. de enero del 2010 muchos de los países de Europa y Latinoamérica tienen restricciones o nulidad de uso.

Por lo cual, una alternativa para la eliminación de patógenos es el proceso de biofumigación; que implica la incorporación de materia orgánica como residuos de cosechas de las hortalizas u otros cultivos, o bien estiércoles frescos ó semicomposteados. Este proceso se considera como una acción fumigante de los compuestos volátiles derivados de la biodescomposición de la materia orgánica en el control de patógenos en el suelo (Bello et al, 2000). Bajo los antecedentes mencionados se propone como objetivo en la presente investigación:

Objetivo

Construir un bioespacio con la aplicación de biofumigación al suelo para optimizar la productividad de los cultivos hortícolas.

Materiales y Métodos

Selección del sitio.

Ya seleccionado la superficie donde se construiría el bioespacio se realizó un muestreo de suelo con fines de fertilidad para conocer la aportación nutrimental, y el microbiológico con la finalidad de conocer si hubieran patógenos como *escherichia coli*, *salmonella*, y coliformes totales y fecales. Materiales de construcción para el bioespacio.

La construcción del bioespacio ó también llamado casa-sombra se realizó en el área de Agricultura Protegida del CENID_RASPA en Gómez Palacio, Durango, donde se seleccionó una superficie total de 308 m². Fueron seleccionados los materiales que cumplieran los requisitos mínimos para una vida útil del bioespacio. Dichos materiales son: para la estructura Tubos de PTR y cable. La malla antiáfido

que se empleó para cubrir las paredes y la cumbrera del bioespacio fueron de 16X20 y 16X10 hilos respectivamente; así como la malla sombra al 50% para la disminución de la temperatura. La instalación del sistema de riego se hizo colocando una tubería principal de PVC de 1.5"; donde fueron colocadas dos cintillas regantes por cama melonera a una distancia de 30 cm entre ellas.

Para llevar a cabo el proceso de biofumigación, se localizó la unidad avícola para colectar la gallinaza. Una vez recogida, se trasladó al sitio de ubicación del bioespacio para su aplicación e incorporación al terreno. Se prepararon las camas meloneras para la siembra de 1.20m de ancho X 14m de largo. Ya instalado el sistema de riego se regaron las camas de siembra durante 4.5 horas por día durante dos días continuos y los pasillos entre cama y cama se regaron con manguera mediante inundación también durante dos días, al igual que los pasillos laterales.

Equipo de medición

Para el monitoreo ambiental de las variables de temperatura y Humedad Relativa fue colocado un sensor portátil al interior del bioespacio. Para el monitoreo de la temperatura del suelo se abrió un perfil de suelo de 30cm de ancho X 30 cm de largo X 50cm de profundidad, colocando termómetros convencionales para el registro de las temperaturas en el suelo a 20 y 40 cm en un lado de la cama melonera una vez que se cubre la superficie con plástico transparente para dar inicio al proceso de biofumigación.

Resultados y Discusión

Características de los materiales y Construcción

Las dimensiones del módulo construido son: 14m de ancho por 22m de largo, teniendo un espacio diagonal de 2m., haciendo una superficie total de 308m² como se muestra en la Figura 1. Con una resistencia máxima al viento de 110km/ hr y una capacidad de carga de 35kg/m². Al iniciar la construcción del bioespacio se realizó una cuadrícula principal de 7.0 X 4.4m. La altura de las columnas perimetrales es de 3.40 m; mientras que la altura de columnas para la cumbrera es de 5m. Las características de los postes perimetrales y para el refuerzo de tutores entre columnas es el tubo cuadrado de 2" cal. 14 G90. Los postes para la cumbrera son tubos cuadrados de 3" cal. 14G90. La altura al tutoreo es de 3m utilizando alambre galvanizado cal. 12 para soporte del cultivo, el cable de carga utilizado para el tutores es de 1/4" con cable de retenida de 1/4. Lleva cuatro esquineros de tubo cuadrado de 2.1/2" cal. 14 G90. Cable de forma de 3/16" con cable de retenida de 3/16. Para el anclaje de los postes se hizo en columna ahogada de: 0.80 m de ancho por 0.80 m de largo y con una profundidad de 0.85 m cada uno de ellos. La malla antiáfido con características de monofilamento estabilizado de tejido plano 16X10 hilos fue la empleada para cubrir la parte de la cumbrera. La malla antiáfido con características de monofilamento estabilizado de tejido plano 16X20 hilos fue la utilizada para cubrir las paredes laterales. La sujeción de la malla antiáfido en polygrap con sujetador galvanizado calibre 14 y zigzag con características alambre cal.12 galvanizado. Se incluyó una pantalla de sombreado manual con el fin de disminuir la temperatura en días críticos y en la entrada una puerta de dos hojas con apertura al centro. El cultivo estará orientado de norte a sur.



Figura 1. Diseño y Construcción del Bioespacio en una superficie total de 308m²

Biofumigación.

Para llevar a cabo este proceso se aplicó al terreno la gallinaza cruda a razón de 4kg/m^2 , posteriormente se incorporó aproximadamente a 20 cm de profundidad utilizando la rastra y por último se realizó la nivelación del terreno mediante una escropa, mostrado en la figura 2. Seguido se humedeció toda la superficie y por último se colocó el plástico transparente en toda la superficie a manera de sellado con el propósito de evitar las fugas de los gases tóxicos a la superficie del suelo.



Figura 2. Aplicación e Incorporación de gallinaza al interior del bioespacio.

El monitoreo ambiental en el bioespacio de dos variables: Temperatura y Humedad Relativa se realiza con la ayuda de sensores que se programan en la computadora para que registren y almacenen los datos cada 30 minutos. En la Figura 3 se presentan valores de temperatura(a) y de humedad relativa (b) durante la etapa de mayor incidencia solar. Se constata que la temperatura presenta un rango de variación de 44 hasta 49°C en el bioespacio, a diferencia de la temperatura en el ambiente exterior con valores sensiblemente homogéneos de 39.5°C .

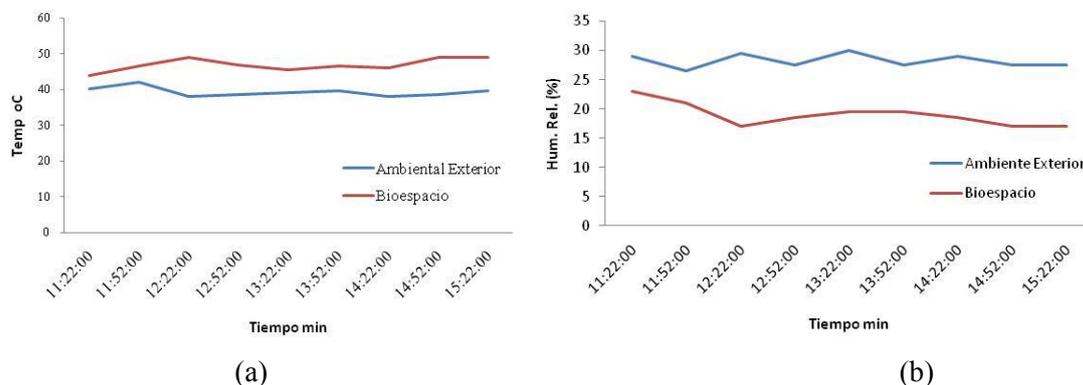


Figura3. Temperatura ambiental(a) y Humedad Relativa (b)

En relación a la Humedad Relativa se observa en la Figura (b) que sufre un comportamiento diferente al presentar valores con un rango de 23 a 17 % en el bioespacio a diferencia del ambiente exterior con un incremento que oscila de 29 a 27%. Lo anterior muestra que en el bioespacio la temperatura ambiental se incrementa y la HR disminuye.

El Cuadro 1 muestra los valores promedio de la temperatura del suelo a dos profundidades con y sin el proceso de biofumigación. Estos valores fueron tomados al inicio del proceso y muestran una tendencia al incremento de la temperatura de al menos 5°C en ambas profundidades; y los valores más elevados se ubican a los 20 cm de prof. Es importante mencionar que los rangos que se deben de alcanzar es de al menos 70°C en los próximos 30 días

Este incremento de la temperatura es resultado de activar la población microbiana en el suelo al adicionar excreta de gallinaza, riegos frecuentes y sellar la superficie con plástico para evitar pérdida de gases volátiles y temperatura.

Cuadro 1. Valores promedio de temperatura del suelo en el proceso de biofumigación.

Profundidad (cm)	Temperatura °C	
	Testigo	Biofumigación
20	35	40.5
40	32	36.5

Conclusiones

El diseño permitió construir una estructura segura que resiste ráfagas de vientos. Los materiales empleados para la cubierta de la estructura asegura que no ingresen vectores de tipo patógenos; además es posible realizar prácticas culturales con maquinaria agrícola para el manejo de suelo y del cultivo. Las temperaturas en el suelo al interior del bioespacio a las dos profundidades son mayores comparadas con las del ambiente exterior durante el proceso de biofumigación.

Literatura Citada

- Bello, A.; J.A. López-Pérez; L. Díaz-Viruliche; R.Sanz. 2000. Biofumigation, solarization and nematode control. *XXV International Nematology Symposium*, April 2-7, 2000, Herzliya, Israel.
- Castellanos J.Z. 2009. Manual de producción de tomate en invernadero. In: Capítulo 1 Panorama de la horticultura protegida en México pp1-18. Intagri S.C.
- García, E. 1973 Modificaciones al sistema de clasificación de Koppen. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México, México, D.F. pp2-51
- Gardner, F. P.; Pearce, R. B. and Mitchell R. L. 1990. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press. U.S.A. 327p.
- Guantes, R. J. 2006. El Mercado de los Invernaderos en México, Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México,
[http://www.icex.es/icex/cda/controller/page/0,2956,35582_10145_1836200.html\(091106\)](http://www.icex.es/icex/cda/controller/page/0,2956,35582_10145_1836200.html(091106)) (Consulta en abril 16/2010)
- Henao, F.2001. Como obtener alta productividad en cultivos de invernadero
<http://www.sapiens.com/html/ejemplos/salud/appiens/comunidades/ejemplosalud1nsf/unids/c%20f3mo%20obtener%20alta%20productividad%20en%20cultivos%20de%20invernadero/c4516fc3a8a9b45541256faf00626f1d2d8e.html?opendocument,www.tpagro.com> (091106) (Consulta abril 16/2010)
- Manzano-Agugliaro, F. y A. García C. 2009. Técnicas de estudio de tiempos para la planificación de la mano de obra en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de invernadero. *Agrociencia* No. 43. 267-277pp.
- SAGARPA-FAO .2002. Agricultura bajo ambiente controlado 2001. Evaluación Nacional
http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/desarrollo_agricola/fao/2001/nac/abac.pdf (111106) (Consulta mayo 23/2010)
- Tratados Internacionales para la Protección a la Capa de Ozono. 2010.
<http://www.pnuma.org/ozono/Documentos/DiaOzono/tratados%20internacionales%20ozono.pdf>

ESTIMACIÓN DE LOS COMPONENTES GENÉTICOS Y CORRELACIONES DE LA PLANTA DE MAÍZ HÍBRIDO PARA FORRAJE

Cisneros Rodríguez Willy ^{*1}, Luna Ortega J. Guadalupe ², Zuñiga Valenzuela Elizabeth ³, Navarro Morones Maribel ³, Y Gallegos Robles Miguel Ángel ⁴.

^{*1} Alumno de Licenciatura de la FAZ-UJED, Correo electrónico: willymelan@hotmail.com, ² Alumno de doctorado en Manejo Sustentable de los Recursos Naturales en Zonas Áridas y Semiáridas, ³ Alumnas de doctorado en ciencias agropecuarias y forestales, ⁴ Dr. Investigador de la Facultad de agricultura y Zootecnia- ujed.

Resumen

El objetivo fue seleccionar a los genotipos más sobresalientes en cuanto a producción de forraje para la región de la comarca lagunera. Los materiales utilizados fueron diez líneas sobresalientes del programa del Centro de Investigación de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Se realizaron 45 cruzas posibles directas P (P-1)2⁻¹ de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método 4, la parcela experimental fue conformada de un surco por tres metros de largo y 0.70 metros de ancho, con una distancia de 20 centímetros entre planta y planta. El diseño utilizado para su evaluación fue bloques al azar con dos repeticiones. Las variables evaluadas fueron: Producción de forraje verde (RFV), producción de materia seca (PMS), producción de elote total (PET), producción de elote (PE), producción de totomoxtle (PTO), producción de tallos (PTA), producción de Vainas de las hojas (PVA), y producción de hojas (PHO), todas reportadas en t ha⁻¹.

Las cruzas presentaron diferencias estadísticas altamente significativas para PET, PVA, las demás variables fueron no significativas. Con respecto al coeficiente de variación los valores más altos lo obtuvieron PTO Y PVA 26.82% y 29.72% respectivamente. Para ACG solo las variables PTA y PVA mostraron valores significativos, mientras que ACE todas las variables presentaron valores altamente significativos. La correlación fenotípica para las variables más importantes como es el rendimiento de forraje verde (PFV) y materia seca (PMS), correlaciona positivamente y significativamente ($p \leq 0.01$), con todas las características.

Palabras clave: *Zea mays 1, aptitud combinatoria 2 y correlaciones 3.*

Abstract

The objective was to select to the genotypes most outstanding in the production of forage for the region of the comarca lagunera. The materials used were ten outstanding lines of the program of the Center for Research for the Improvement of Maize and Wheat (CIMMYT). There were 45 crosses possible direct P (P-1)2⁻¹ of the 10 lines in accordance with the design of genetic mating dialélico (griffing 1956) method 4, the experimental plot was formed a groove by three meters long and 0.70 meters wide, with a distance of 20 cm between plants and plant. The design used for your assessment was random blocks with two replications. Variables evaluated were: Production of green fodder (RFV), dry matter production (PMS), production of corn total (PET), production of corn (PE), production of totomoxtle (PTO), production of stems (PTA), production of pods of the leaves (PVA), and production of leaves (PHO), all reported in t ha⁻¹ mn. The crosses were no statistical differences highly significant for PET, PVA, the other variables were not significant. With respect to the coefficient of variation higher values were obtained PTO and PVA 26.82 % and 29.72per cent respectively. For ACG only the variables PTA and PVA showed significant values, while ACE all variables showed values highly significant. The phenotypic correlation for the most critical variables such as the performance of green fodder (PFV) and dry matter (PMS), correlates positively and significantly ($p \leq 0.01$), with all the features.

Key Words: *Zea mays 1, combining ability 2 and correlations 3.*

Introducción

El cultivo de maíz en México tiene una importancia de tipo ancestral y social ya que es un cultivo de origen mexicano, y por ende el 80 por ciento de sus pobladores basan su dieta alimenticia en este

cereal, de tal manera que los agricultores siembran el maíz con el propósito de asegurar el complemento alimenticio de su familia, además es uno de los cereales más importantes del mundo, ya que se suministra elementos nutritivos importantes a seres humanos y animales (FAO, 1993). El maíz a nivel mundial, especialmente en los países industrializados, es empleado básicamente como materia prima en muchos procesos industriales, obteniéndose de este no solo productos comestibles sino también una amplia gama de subproductos que van desde almidones hasta ácidos químicos y combustibles.

En los últimos años se ha incrementado el uso de forraje de maíz para la alimentación animal, principalmente en aquellas regiones consideradas como cuencas lecheras y de engorda. La disponibilidad de forraje es la fuente más económica para la alimentación del ganado. Para elegir un cereal destinado a la producción de forraje, debe basarse en su capacidad de adaptación al medio local, productividad, beneficio para el ganado y su valor nutritivo. De ahí que el maíz forrajero sea uno de los materiales vegetativos de fácil acceso con los que se alimenta el ganado, pues este material incluye heno o ensilado. El presente trabajo se realizó con el fin de evaluar y seleccionar híbridos simples, con buen rendimiento de forraje a partir de líneas endogámicas sobresalientes.

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el año 2009, en el campo experimental de la UAAAN UL. En Torreón Coahuila como parte del mejoramiento genético de maíz que realiza el departamento de fitomejoramiento de la universidad.

La siembra se realizó el 21 de agosto del 2009 en el campo experimental de la UAAAN-UL, en Torreón, Coahuila, se llevó a cabo en forma manual depositando una semilla aproximadamente cada 5 cm, a una distancia entre surco y surco fue de 70 cm, una vez emergida las plantas, se realizó un aclareo a los 30 días después de la siembra dejando seis plantas por metro lineal.

Considerando dos etapas: en la primavera del 2009, se realizaron las 45 cruces posibles directas P (P-1) 2^{-1} de las diez líneas de acuerdo al diseño de apareamiento genético dialélico (Griffing 1956) método 4, utilizando 10 plantas de cada línea para obtener la semilla de las cruces, y en el verano se llevó a cabo la evaluación con un diseño de bloques al azar con dos repeticiones.

Resultados y Discusión

En la tabla 1, se presentan los cuadros medios del análisis de varianza, lo cual muestran diferencia estadística ($P < 0.01$) para las fuentes de variación cruces en las variables producción de elote total (PET), producción de tallo (PTA), para las demás variables los valores fueron (ns) no significativos. Al desglosar las fuentes de variación cruces en ACG y ACE, solo las variables producción de tallo (PTA), producción de vaina (PVA), resultaron con diferencia significativa ($P < 0.05$), para ACG, al igual, para ACE todas las variables fueron altamente significativas al ($P < 0.01$). Los coeficientes de variación (CV) oscilan entre 14.67 % y 29.72 %, que corresponden a (PFV) y (PHO) respectivamente. Las medias de rendimiento para las variables producción de forraje (PFV) y producción de materia seca (PMS) fueron de 93.92 t ha $^{-1}$ y 18.94 t ha $^{-1}$, corresponde correspondiendo aproximadamente al 20% de materia seca. Las variables peso de tallo (PTA), y el peso de elote con totomoxtle (PET) fueron las que más contribuyeron en el rendimiento de forraje verde (PFV). Los efectos de ACG fueron mucho más grandes que los efectos de ACE de acuerdo a las variables estudiadas, lo cual coincide con lo reportado por Hallouer y Miranda (1981). Aunque difiere de lo encontrado por De la Cruz, et al (2003).

Tabla 1. Cuadros medios del análisis de varianza dialélico método 4 de Griffing de ocho variables evaluadas de maíz para forraje UAAAN-UL. Torreón, Coahuila. 2009.

FV	GL	PFV	PMS	PET	PE	PTO	PTA	PVA	PHO
REP	1	2607**	162.6**	480.2**	72.2**	172.2**	261.1**	50.0*	34.9ns
CRUZAS	44	284ns	13.5ns	41.0**	10.7ns	16.6ns	69.7**	8.5ns	34.2ns
ACG	9	332ns	18.1ns	46.0ns	17.9ns	11.8ns	94.6*	18.9*	53.3ns
ACE	35	271**	12.3**	39.6**	8.9**	17.8**	63.4**	5.8**	29.3**

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

ERROR	44	189	8.7	23.1	9.9	9.9	32.8	7.0	36.5
TOTAL	89								
C.V (%)		14.67	15.58	17.05	19.13	26.82	16.57	24.67	29.72
MEDIA		93.92	18.94	28.22	16.49	11.73	34.60	10.76	20.33

GL= grados de libertad, PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET = producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina de la hoja, PHO = producción de hoja, CV = Coeficiente de variación, * = $p \leq 0.05$, ** = $p \leq 0.01$, ns = no significativo.

Tabla 2. Correlaciones fenotípicas de ocho variables agronómicas evaluadas.

* = ($p \leq 0.05$), ** = ($p \leq 0.01$), ns = (no significativo). PFV = producción de forraje verde, PMS = producción de materia seca, PET =

	PFV	PMS	PET	PE	PTO	PTA	PVA	PHO
PFV	1.000	0.880**	0.669**	0.450**	0.691**	0.827**	0.557**	0.628**
PMS		1.000	0.675**	0.560**	0.610**	0.713**	0.448**	0.501**
PET			1.000	0.840**	0.894**	0.334*	0.346*	0.129ns
PE				1.000	0.509**	0.113ns	0.216ns	0.064ns
PTO					1.000	0.438**	0.371**	0.153ns
PTA						1.000	0.358**	0.378**
PVA							1.000	0.174ns
PHO								1.000

producción de elote total, PE = producción de elote, PTO = producción de totomoxtle, PTA = producción de tallo, PVA = producción de vaina, PHO = producción de hoja.

Los coeficientes de correlación, muestran que las características que se evaluaron mantienen una relación muy estrecha entre ellas (tabla 2) para la variable producción de forraje verde (PFV), muestra una correlación con todas las variables (PMS), (PET), (PE), (PTO), (PTA), (PVA), (PHO), siendo significativas al ($p \leq 0.01$), obteniendo las correlaciones más altas de las variables (PMS) (0.880), y (PTA) (0.827). En el trabajo de investigación de Nahum et, al. (2004) encontró similitud con el presentado trabajo. Para la variable producción de de materia seca (PMS) al igual muestra una correlación con todas la variables (PET), (PE), (PTO), (PTA), (PVA), (PHO), siendo significativas al ($p \leq 0.01$), obteniendo los valores más altos las variables (PTA), (0.713), (PET), (0.675), y (PTO), (0.610). para la variable producción de elote total (PET) tiene una correlación con las variables (PE), (PTO), siendo significativas al ($p \leq 0.01$), y una baja correlación con las variables (PTA), (PVA), siendo significativas al ($p \leq 0.01$) obteniendo los valores más altos las variables (PTO), (0.894), (PE), (0.840), mientras que para la variable (PHO) no correlaciona significativamente (ns). Para la variable producción de elote (PE) solo correlaciona con la variable (PTO) siendo significativas al ($p \leq 0.01$), obteniendo el valor más alto de correlación de (0.509). Para la variable producción de totomoxtle presenta una correlación con las variables (PTA), (PVA) siendo significativas al ($p \leq 0.01$) y no correlaciona con la variable (PHO), la variable producción de tallo (PTA) correlaciona con las variables (PVA), y (PHO) siendo significativas al ($p \leq 0.01$). Y finalmente para la variable producción de vaina (PVA) no correlaciona con la variable (PHO).

Conclusiones

Se presentan diferencias estadísticas altamente significativas para las variables PET y PTA para el resto de las variables no hubo significancia. Para aptitud combinatoria general (ACG) se presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para PTA y PVA, en cambio para aptitud combinatoria específica (ACE) todas las variables mostraron diferencia altamente significativa ($p \leq 0.01$). En lo que respecta al coeficiente de variación (CV) se presenta en un rango de 14.67% a 29.72%. Los valores más bajos los obtuvieron PFV y PMS con 14.67% y 15.58%, los más altos se

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

obtuvieron en PHO, PTO, PVA con valores de 29.72%, 26.82%, 24.675%. Respectivamente La correlación fenotípica para las variables más importantes como es el rendimiento de forraje verde (PFV) y materia seca (PMS), correlaciona positivamente y significativamente ($p \leq 0.01$), con todas las características.

Literatura citada

- Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Aust. J. Biol. Sci.* 9: 463-493.
- Hallauer AR, JB Miranda F (1981). *Quantitative Genetics in Maize Breeding* Iowa State University Press, Ames, Iowa PP. 337-402
- Singh RK, Chaudary BD (1985) *Biometrical Methods in Quantitative Genetics Analysis*. Kalyan Publishers. New Delhi, India. 319pp.

RESPUESTA DEL PIMIENTO MORRON AL SECADO PARCIAL DE LA RAIZ EN TEZONTLE Y SUELO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Osuna L. Oswaldo¹, Tirado T. Juan Luis¹, Trejo L. Carlos², Ramírez A. Carlos³, López O. Anselmo⁴.

¹Colegio de postgraduados. Posgrado de Edafología. Carretera México-Texcoco Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. CP 56230. Tel. (595) 95 2 02 00 ext. 1262. osuna.oswaldo@colpos.mx.

²Colegio de postgraduados. Posgrado de Botánica. Carretera México-Texcoco Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. CP 56230. Tel. (595) 95 2 02 00 ext. 1313. catre@colpos.mx.

³Colegio de postgraduados. Posgrado de Hidrociencias. Carretera México-Texcoco Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. CP 56230. Tel. (595) 95 2 02 00 ext. 1172. cara@colpos.mx.

⁴Colegio de postgraduados. Posgrado de Botánica. Carretera México-Texcoco Km 36.5, Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx. CP 56230. Tel. (595) 95 2 02 00 ext. 1313, anselmol@colpos.mx.

Resumen

La sobre explotación de los mantos acuíferos en México requiere estrategias eficientes en la aplicación y ahorro del agua para la sustentabilidad de los cultivos hortícolas, el recurso agua es cada vez más limitante para las actividades del ser humano, es por ello, que es importante resaltar los estudios fisiológicos del agua en las plantas para entender cómo puede ser usada eficientemente por ellas, cómo afecta la ausencia su fisiología e identificar las condiciones y el momento en que debe suministrarse a la planta para su uso racional y eficiente. Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de dos niveles de humedad aprovechable residual (HAR) y dos sustratos bajo la técnica de secado parcial de la raíz (SPR). Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar, los sustratos utilizados fueron: tezontle y suelo: SPR 80-80, con raíz dividida y HAR en el sustrato de ambas macetas $\geq 80\%$; SPR 80-30, con raíz dividida y HAR en el sustrato en una de las macetas $\geq 80\%$ (lado húmedo) y el otro $\geq 30\%$ (lado seco), con ciclos de alternancia de 15 días; los testigos en ambos casos se colocaron con el sistema radicular completo y HAR $\geq 80\%$. Las plantas crecieron en macetas de volumen homogéneo, con tezontle y suelo. La fertilización en ambos casos se realizó a través del sistema de riego por goteo con una solución nutritiva (SN) Steiner (1984) a un potencial osmótico ($\Psi\pi$) de 0.036 Mpa. Finalmente, el experimento se encuentra aún en la etapa de muestreos y es importante destacar que el objetivo principal es hacer un uso eficiente del agua siempre y cuando no se vea afectada la cantidad y la calidad del fruto.

Palabras clave: *Húmeda aprovechable residual, secado parcial de la raíz y eficiencia en el uso del agua.*

Abstract

The over exploitation of groundwater in Mexico requires efficient strategies in the water uses and water saving in order to make vegetable production more sustainable. Since water resource is, more and more, a limiting element for human activities, it is important to enhance research about water behaviour in plants in order to understand how to use water more efficiently. For this goal, we have to understand how the lack of water affects plant physiology and to indentify the best conditions and moments to provide water when looking for an optimal water use by the plant. Therefore, the research goal is to evaluate two residual available water content (WAC) levels and tow subtracts within the partial root drying method. The different treatments were aimlessly distributed. The subtracts evaluated were tezontle and soil:

PRD 80-80, with divided root and WAC in both flowerpot substract $\geq 80\%$

PRD 80-30, with divided root and with one flowerpot with WAC $\geq 80\%$ (humid side) and the other with WAC $\geq 30\%$ (dry side). Both kind have a 15 days alternating cycle. In both cases testing plants have a complete root system and a WAC $\geq 80\%$. The flowerpot volume in which all the plants were grown are homogenous, in tezontle and in soil. In both cases the fertilization was done through irrigation which is a dropping system. The nutrying solution is a Steiner solution (1984) with an osmotic potential ($\Psi\pi$) of 0.036 Mpa. Finally, the experimentation is also present in the sampling step and it is important enhance that the principal aim is to always do an efficient water use and without affecting fruit quality and quantity.

Index words: *Available water content, partial root drying y efficiency in water use.*

Introducción

La agricultura es la actividad humana en donde se consume el porcentaje mayor de agua disponible en el planeta, por lo tanto, la escasez y mala distribución de ésta es un factor que limita la producción de alimentos en el mundo (Postel, 1998), como consecuencia existen grandes áreas terrestres sujetas a periodos de sequía, las cuales podrían aumentar como consecuencia del cambio climático global (Solomon y Cramer, 1993; Petit *et al.*, 1999). En México las prácticas de riego pueden afectar el ambiente debido al consumo de las reservas acuíferas superficiales y subterráneas, como en la zona norte del país y el valle de México (CNA, 2005). Por lo tanto es fundamental el desarrollo y adopción de prácticas con niveles altos de eficiencia en el uso del agua (Debaeke y Aboudrare, 2004).

Al hacer un primer análisis de la reacción de las plantas al déficit hídrico, uno de los primeros eventos que se observa es el cierre de los estomas, mecanismo aparentemente simple y destinado sólo a evitar la caída del potencial hídrico, pero que engloba una serie de ajustes fisiológicos y metabólicos colaterales que incluyen, entre otros, la disminución de la fotosíntesis y alteraciones en el transporte y distribución de fotosintatos, hechos que tienen trascendencia significativa en el funcionamiento normal de la planta y en su rendimiento (Hanson y Hitz, 1982; Kraiser, 1987; Bohner *et al.*, 1995). En condiciones de estrés hídrico, las raíces activan una serie de señales químicas (Davies y Zhang, 1991), como la producción de ácido abscísico (ABA) que regulan el crecimiento e intercambio de gases del vástago y hojas, los cuales son procesos fundamentales para regular la pérdida de agua por transpiración a través de los estomas (Gowing *et al.*, 1990; Zhang y Outlaw, 2001; Davies *et al.*, 2002). En torno a este panorama, se ha encontrado que, mediante cambios en las técnicas de riego, es posible manipular la conductancia estomática y mejorar la eficiencia del uso del agua (Loveys *et al.*, 2000).

A través de varias investigaciones se ha encontrado que, el déficit hídrico regulado (DHR) y el secado parcial de la raíz (SPR), son dos técnicas de riego que permiten un ahorro significativo de agua. El DHR involucra aplicar menos agua al cultivo que la evapotranspiración (ET). En contraste, el SPR es una técnica de riego que consiste en que aproximadamente la mitad del sistema radical (SR) se riega, mientras que simultáneamente el riego es suspendido en la otra mitad del sistema hasta cierto nivel de abatimiento de agua en el suelo; al siguiente riego, éste se aplica al lado del SR en proceso de secado y así sucesivamente, durante toda la estación de crecimiento del cultivo (Loveys *et al.*, 2000; Kang *et al.*, 2001). Con esta técnica se pretende ahorrar hasta 50% del agua que se aplicaría al tomar como referencia la ET, o el estado del agua en el suelo.

Al optimizar el sistema, el comportamiento estomático, el estado hídrico del vástago y el crecimiento foliar pueden ser regulados reflejando finalmente un incremento significativo en la eficiencia en el uso del agua (EUA) (Davies *et al.*, 2002). Se estima que el SPR podría mantener el rendimiento similar a plantas regadas (Loveys *et al.*, 2000). Esto se basa en que, el potencial hídrico de plantas bajo SPR, se equilibra con la parte de la rizósfera que se encuentra en el suelo húmedo (Hsiao, 1990) y, por lo tanto, éste es similar a plantas con riego completo. En la presente investigación se evaluó el efecto de niveles de humedad aprovechable (HAR) y dos sustratos bajo secado parcial de la raíz y riego convencional sobre la fisiología, crecimiento, rendimiento, calidad del fruto y eficiencia en el uso del agua en pimiento morrón (*Capsicum annuum L.*)

Materiales y métodos

El experimento se llevó a cabo en condiciones de hidroponía e invernadero, ubicado en el Posgrado de Edafología del Campus Montecillo del colegio de Postgraduados, México, a 2250 msnm, del 26 de abril de 2011 a la fecha (ciclo verano-otoño). El invernadero utilizado es de tipo túnel con estructura de metal y cubierta de plástico, sin control de temperatura ni humedad relativa, malla anti-áfida en las paredes laterales.

La caracterización de los sustratos juega un papel vital para alcanzar los objetivos deseados, ya que el conocimiento de las propiedades y de un buen manejo se garantiza el éxito del cultivo. Es necesario conocer el volumen ocupado por la fracción sólida, líquida y gaseosa del suelo, así como su variación en función del potencial matricial aplicado. Al respecto, es importante conocer la curva de liberación de agua para cada sustrato entre el rango de tensión de 0 y 100 cm de carga de agua (c.a).

Posteriormente se realizó la calibración del TDR, que consistió en la comparación de las lecturas (θ_v) del equipo con los valores de humedad volumétrica (θ_v) calculados a partir de la humedad gravimétrica y de la densidad aparente de cada sustrato utilizado.

Se utilizaron semillas de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) híbrido Bragui[®], de crecimiento indeterminado.

El trasplante se realizó a los 61 días después (27 de junio) de que las plantas presentaron la sexta hoja expuesta y altura de 20 cm, aproximadamente. Para los tratamientos con SPR, la raíz se dividió longitudinalmente en dos partes iguales con una navaja de un solo filo, desde unos milímetros por arriba del cuello de la raíz hasta su ápice (Figura 1). Posteriormente, las plántulas se trasplantaron en dos bolsas de polietileno de 25 x 30 cm (capacidad 9 L), una para cada sección de la raíz, unidas en el centro con cinta adhesiva (Figura 2).



Figura 1. División de la raíz



Figura 2. Trasplante, raíz dividida.

Un grupo de plantas se mantuvo con la raíz intacta y fueron consideradas como plantas testigo, las cuales fueron trasplantadas en bolsas de polietileno de capacidad de 25 L, ello con el objetivo de proveer a todas las plantas (todos los tratamientos) el mismo volumen de sustrato para su crecimiento. El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar.

Conclusiones

El trabajo se encuentra aún en la fase experimental, se trabaja en los muestreos y en el análisis de cada una de las variables. Sin embargo trabajos previos nos indica que la SPR reduce la cantidad y

frecuencia de los riegos para reponer el reservio hídrico, generando así un ahorro en el agua de riego utilizada hasta del 43%. Es importante resaltar los estudios fisiológicos del agua en las plantas para entender cómo puede ser usada eficientemente por ellas, cómo afecta la ausencia su fisiología e identificar las condiciones y el momento en que debe suministrarse a la planta para su uso racional y eficiente.

Literatura citada

- Bohnert, H., J.; Nelson, D., E. and Jeensen, R., G. 1995. Adaptations to environmental stresses. *Plant cell* 7:1099-1111.
- CNA 2005. Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua. México. pp 23-24.
- Davies, W., J. and Zhang, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 42:55-76.
- Davies, W., J.; Bacon, M., A.; Thompson, D., S.; Sobeih, W. and Rodríguez, L., G. 2000. Regulation of leaf and fruit growth in plant growing in drying soil; exploitation of the plants chemical signaling system and hydraulic architecture to increase the efficiency of water use in agriculture. *Journal of Experimental Botany* 51: 1617-1626.
- Davies, W., J.; Wilkinson, S. and Loveys, B. 2002. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist* 153:449-460.
- Debaeke, P. and Aboudrare, A. 2004. Adaptation os crop management to water limited environments. *Europ. J. Agronomy* 21:433-446.
- Gowing, D., J. G.; Davies, W., J. and Jones, H., G. 1990. A positive root sourced as an indicator of soil drying in Apple, *Malus x domestica* Borkh. *Journal of Experimental Botany* 41(233):1535-1540.
- Hanson, A. and Hitz, W. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficit. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 33:163-203.
- Hsiao, T., C. 1990. Plant-atmosphere interactions, evapotranspirations, evapotranspiration and irrigation scheduling. *Acta Horticulturae* 278:55-66.
- Kang, S.; Zhang, L.; Hu, X.; Li, Z. and Jerie, P. 2001. An improved water use efficiency for hot pepper grown under controlled alternate drip irrigation on partial roots. *Scientia Horticulturae* 89:257-267.
- Loveys, B., R.; Stoll, M.; Dry, P., R. and McCarthy, M., G. 2000. Using plant physiology to improve the water use efficiency of horticultural crops. *Acta horticulturae* 537:187-197.
- Petit, J., R.; Jouzel, J.; Raynaud, D.; Barkov, N., I.; Barnola, J., M.; Basile, I.; Bender, M.; Chappellaz, J.; Davis, M.; Delaygue, G.; Delmotte, M.; Kotlyakov, V., M.; Legrand, M.; Lipenkov, V., Y.; Lorius, C.; Saltzman, E. and Stievenard, M. 1999. Climate and atmospheric history of the past 420, 000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399:429-436.
- Postel, S., L. 1998. Water for food production: will there be enough in BioScience 48:629-637.
- Solomon, A., M. and Cramer, W. 1993 Biospheric implications of global environmental change. In: A. M. Solomon y H. H. Shugart (Eds.) *Vegetation dynamics and global change*. London, UK: Chapman & Hall. pp. 25-52.

USO Y VALOR ALTERNATIVO E INTERDISCIPLINARIO DEL SUELO: UNA CONTRIBUCIÓN A SU REEVALUACIÓN COMO RECURSO NATURAL INDISPENSABLE EN LA BÚSQUEDA DE LA SOSTENIBILIDAD

Laura Bertha Reyes-Sánchez, Miranda Ruvalcaba René, Yessica Paulina Trejo Domínguez, Juan Manuel Aceves Hernández y Gabriel Arturo Arroyo Razo
Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán
lbrs@unam.mx

Resumen

Si bien hasta ahora, la ciencia del suelo tienen como campo de acción e interacción preferente la actividad agropecuaria; éste, como recurso natural representa igualmente una vía de estudio y actividad económica de gran interés e importancia actual, como catalizador en reacciones químicas de bajo impacto ambiental: lo cual, al disminuir el uso de disolventes –*costosos y contaminantes*-, utilizar métodos alternativos de energía –*que ahorran el consumo de ésta*-, disminuir los tiempos de reacción y obtener rendimientos iguales o superiores que por los métodos tradicionales, contribuye al desarrollo sostenible. Congruentemente con lo antes dicho, el objetivo del presente trabajo fue realizar el estudio interdisciplinario de caracterizaron química de las arcillas presentes en un suelo mexicano, para diversificar su aprovechamiento como catalizador en reacciones químicas limpias; potenciando el valor real del recurso suelo, a la vez que –al eliminar y/o disminuir residuos químicos-, se contribuye a su preservación.

Palabras clave: *Suelo, ciencia, desarrollo sostenible.*

Abstract

Although up to now the soil science has as a preferential action and interaction field the Agrícola and cattle activities; nevertheless this one, as a natural resource, represents in the same way a study field and economical activity of a great interest and real importance, as a catalyst in the chemical reactions of low environmental impact: which contributes to development and sustainability by reducing solvents usage –which are expensive and pollutant-, alternative method of energy utilization –which save the consumption of this one-, reducing reaction times and obtaining same or bigger yielding than through traditional methods. Congruently with we have said before, the objective of this work was to carry out the interdisciplinary research of the chemical characterization in the clay that is present on one Mexican soil, in order to diversify its profitability as a catalyst in the clean chemical reactions; powering the real value of the soil as a resource, at the same time that contributes to its preservation by eliminating or reducing chemical residuals.

Key Words: *Soil, Science, development, sustainability*

Introducción

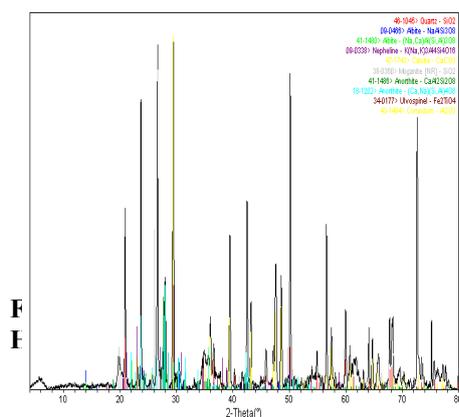
Tanto la ONU como la UNESCO, durante las cumbres de Tbilisi (1987), Río (2000) y Johannesburgo, (2002); han hecho hincapié en la importancia de realizar y **apoyar la educación y la formación científica, mediante actividades y decisiones que influyan significativamente en los futuros ciudadanos: preparándolos para afrontar el reto de responder a los problemas ambientales presentes y futuros.** Uno de esos grandes retos, corresponde a la necesidad de formar científicos con una perspectiva ambiental del desarrollo de la ciencia, y otro, que la práctica científica cotidiana de los investigadores busque desarrollar alternativas de origen natural, utilizando materiales originarios del país, de bajo costo y del menor impacto ambiental posible.

Materiales y Métodos

Con el objetivo de hacer realidad esa práctica científica constructora del desarrollo, se efectuó el estudio interdisciplinario de caracterizaron química de las arcillas presentes en un suelo mexicano, para diversificar su aprovechamiento como catalizador en reacciones químicas limpias; potenciando el valor real del recurso suelo. La muestra del suelo fue recolectada con clave H13-11 en Ciudad Delicias, Chihuahua, México, y proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e

Informática: INEGI. Se realizaron análisis edafológicos por métodos convencionales, los que en conjunto con los datos de campo, permitieron obtener su clasificación WRB, la cual corresponde - conforme al INEGI-, a un Vertisol grumi-cálcico, y se determinaron tanto la composición química mineralógica, como sus parámetros superficiales. La caracterización mineralógica se realizó utilizando técnicas de difracción y fluorescencia de Rayos-X, análisis térmico diferencial de barrido y análisis termogravimétrico, Resonancia Magnética Nuclear en estado sólido, espectrofotometría de absorción infrarroja y microscopia de barrido electrónico.

Estos estudios permitieron considerar al suelo en estudio como posible catalizador, por lo que, con la finalidad de probar su poder catalítico, se efectuó una reacción de alquilación de Friedel-Crafts, empleando fuentes alternas de activación. Las fuentes alternas de activación utilizadas fueron microondas e infrarojo, cuyo uso y rendimientos se contrastaron con el método de tratamiento térmico.



Cuadro 1. Resultados

Técnica	Resultados obtenidos/técnica utilizada
DRX	Los minerales presentes en el suelo son: SiO ₂ , NaAlSi ₃ O ₈ , CaCO ₃ , Fe ₂ TiO ₄ y Al ₂ O ₃ .
FRX	La muestra está compuesta por O, Si, y Al principalmente; Fe en mínima proporción y su composición atómica es: Si _{1.25} Al _{0.47} O _{2.18}
BET	Área superficial de 59 m ² /g., microporo y macroporo de 0.07 y 0.56 cm ³ /g., respectivamente. Diámetro poro 50 Å.
RMN	Ambiente químico de ²⁷ Al con sitio AlO ₄ y AlO ₆ y para ²⁹ Si Q ⁴ (4Al) y Q ⁴ (1Al).
DSC	Presencia material orgánico.
TGA	Pérdida de m. o. a diferentes temperaturas.
MEB	Textura rugosa y diversidad de tamaños de partículas presentes.
EAI	Presencia de sitios del tipo ácido de Lewis y de Brönsted-Löwry, siendo predominantes los primeros

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos prueban el excelente poder catalítico de este suelo, ya que los rendimientos obtenidos para la reacción Friedel-Crafts, con cada una de las fuentes alternas de activación, estuvieron por encima del 90%; obteniéndose con las microondas no sólo los mejores rendimientos y el menor tiempo de reacción, sino también características de selectividad para la formación de productos en relación al tiempo de exposición a esta fuente de energía. Se presentan para su análisis los resultados, con base a los cuales fue posible tanto caracterizar el suelo edafológica y mineralógicamente, como explorar su poder catalítico en reacciones de tipo de Friedel-Crafts.

Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran la viabilidad de un campo de estudio compartido que busca desde la interdisciplina tanto conocer las características edáficas de las arcillas de México, sus propiedades, problemas y uso en el campo de la agricultura, como su utilización en otras áreas de la ciencia con objeto de disminuir sus impactos sobre el medio, lo que es, en los hechos, un avance hacia una ciencia que busca acercarse a la sostenibilidad: que no usa reactivos contaminantes ni deja residuos, utiliza como catalizador elementos naturales y optimiza la energía; lo que finalmente contribuye tanto a eficientar el uso de la materia y la energía, como a disminuir el impacto de las grandes cantidades de residuos químicos contaminantes que se vierten sobre los recursos suelo y agua, contribuyendo por ende a su preservación.

Literatura Citada

- Gómez, M. M. y Reyes-Sánchez, L. B. 2004. La educación ambiental, imprescindible en la formación de las nuevas generaciones. *TERRA Latinoamericana* 22, 4, 515-122.
- Miranda, R., Arroyo, G., Penieres, G., Delgado, F., Cabrera, A., Álvarez, C. y Salmón, M. 1981 TO 2003b. Preparative heterocyclic chemistry using tonsil, a bentonitic clay. *Trends in Heterocyclic Chemistry* 9: 196-235.
- Perroux, F. 1963. *Économie et société*. Presses Universitaires de France. París, Francia.
- Reyes-Sánchez L. B. 2006. La enseñanza de la ciencia del suelo en el contexto del desarrollo sostenible. *TERRA Latinoamericana*. 24, 3, 431-439.

DOMESTICACIÓN DE ARBUSTIVAS CON POTENCIAL DENDROENERGÉTICO

Alvarado Machuca Sofia Violeta¹, Álvarez Sánchez María Edna¹, Maldonado Torres Ranferi¹,
Alejandro Sánchez Velez¹

Programa de Agroforestería para el desarrollo sostenible. Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo¹. E-mail: m.alva9401@gmail.com.

Resumen

La Sierra Gorda de Guanajuato, ubicada al noreste del estado de Guanajuato, fue declarada Reserva de la Biósfera en 1997; donde existen especies vegetales en riesgo que deben ser sujetas a una protección especial. En la comunidad Las Casitas que forma parte de la Reserva, la población depende de diferentes especies vegetales de las que extrae leña para la cocción de alimentos, generando una fuerte presión sobre el bosque poniendo en peligro a especies como el madroño (*Arbutus glandulosa*). En esta región es urgente realizar investigación acerca de la reproducción asexual de especies nativas que permitirá acelerar el proceso de obtención de plantas, establecer plantaciones y realizar obras de restauración en corto tiempo. En el presente estudio se evaluó el efecto de las auxinas ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenácetico (ANA) y sales de potasio del ácido indolbutírico (K-IBA), para inducir enraizamiento en esquejes de otoño y primavera de *Arbutus glandulosa*, para obtener plantas que conserven las características genéticas de la planta madre. Se usaron esquejes basales, medios y apicales de árboles de madroño colectados en la comunidad Las Casitas en octubre de 2010 (otoño) y en abril de 2011 (primavera). Se usó un diseño de tratamientos jerárquico o anidado. Los esquejes de otoño y primavera no diferenciaron raíces ni sobrevivieron después de diez y nueve semanas de establecidos, respectivamente. Es necesario continuar con el estudio acerca de la propagación asexual de especies nativas de difícil enraizamiento para poder acelerar el proceso de producción de dichas especies.

Palabras clave: especies nativas, *Arbutus glandulosa*, enraizamiento, auxinas

Abstract

The Sierra Gorda of Guanajuato, located northeast of the state of Guanajuato was declared a Biosphere Reserve in 1997, where there are plant species at risk should be subject to special protection. In the community of Las Casitas is part of the reserve, the population depends on different plant species to extract wood for cooking, generating strong pressure on the forest, endangering species such as the strawberry tree (*Arbutus glandulosa*). This region is urgently needed research on the asexual reproduction of native species that will accelerate the process of obtaining plants, plantations and perform restoration work in short time. This study evaluated the effect of auxins indole butyric acid (IBA), naphthaleneacetic acid (NAA) and potassium salts of indole butyric acid (K-IBA) to induce rooting in cuttings of *Arbutus glandulosa* fall and spring, for plants that retain the genetic characteristics of the mother plant. Cuttings were used basal, media and apical of arbutus trees collected in the community of Las Casitas in October 2010 (autumn) and April 2011 (spring). Design used a hierarchical or nested treatments. The fall and spring cuttings did not differentiate roots and survived after nine and teen weeks of planting, respectively. It is necessary to continue the study of the asexual propagation of native species rooting difficult to accelerate the production of these species.

Introducción

La Sierra Gorda de Guanajuato ubicada al noreste del estado de Guanajuato, es una región montañosa que forma parte de la Sierra Madre Oriental; declarada Reserva de la Biósfera en 1997, de acuerdo con un decreto emitido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en ésta existen especies vegetales y animales en riesgo o amenazadas, que deben ser sujetas a una protección especial. En la comunidad Las Casitas que forma parte de la Reserva; la población rural depende de diferentes especies vegetales de las cuales históricamente ha extraído leña para la cocción de los alimentos, generado una fuerte presión sobre el bosque poniendo en peligro de extinción a especies como el madroño (*Arbutus glandulosa*). En esta región queda aún pendiente investigar acerca

de la reproducción asexual de especies nativas, proceso que permitirá acelerar el proceso de obtención de plantas, establecer plantaciones y realizar obras de restauración en corto tiempo.

En este estudio se propone la inducción del enraizamiento de esquejes de madroño colectados en dos épocas del año, otoño y primavera, por medio de la aplicación de auxinas, con la finalidad de evaluar la viabilidad de reproducir esta especie de forma asexual; de esta forma se asegura la estabilidad genética de las especies.

El INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) desarrollo en el año 2001 un proyecto de investigación en materia agroforestal, iniciando con la propagación de Arbustivas Nativas Multiusos a partir del ciclo sexual para restaurar áreas degradadas y promover la agroforestería para diversificar la producción, obtener beneficios económicos y brindar servicios ambientales (Terrones *et al.*, 2004). La propagación sexual asegura la variabilidad genética de las especies aunque es largo el periodo de tiempo para lograr el establecimiento de plantaciones y la obtención de productos. Una alternativa viable para rescatar la especie es mediante la domesticación de especies nativas para establecer parcelas dendroenergéticas que permitan obtener leña de forma sencilla y reducir la presión sobre el recurso vegetal (Sánchez y Domínguez, 1989). Debido a las ventajas genéticas de la reproducción asexual, se usa para el establecimiento de huertos semilleros, bancos clonales, para la propagación de especies amenazadas y para propagar plantas seleccionadas a gran escala (PNUMA, 2002; López *et al.*, 2005). Para la reproducción asexual es necesaria la presencia de hormonas del crecimiento como auxinas, citocininas y giberelinas que ayudan en la inducción de raíces. Es muy importante considerar la edad de la planta madre, su estado fenológico y nutrimental; así como la época en que se obtiene el material vegetativo ya que influye en la presencia o ausencia de estos compuestos orgánicos (Dehgan *et al.*, 1989; PNUMA, 2002).

El primer objetivo de este estudio consistió en evaluar el efecto de las auxinas ácido indolbutírico (AIB) y ácido naftalenácético (ANA), para inducir enraizamiento en esquejes de otoño de *Arbutus glandulosa*, para obtener plantas que conserven las características genéticas de la planta madre. Para el cual se plantea como hipótesis que la aplicación de auxinas en los esquejes de otoño estimulan el proceso fisiológico de diferenciación de raíces; la magnitud del estímulo está en función de la planta madre, de la posición del esqueje en la rama, del contenido nutrimental y de azúcares presentes en el material vegetativo.

Como segundo objetivo se propuso evaluar el efecto de las auxinas ácido indolbutírico (IBA) y sales de potasio del ácido indolbutírico (K-IBA) para inducir enraizamiento en *Arbutus glandulosa*, en material vegetativo de primavera, y obtener plantas que conserven las características genéticas de la planta madre. La hipótesis planteada es: la aplicación de las auxinas (ácido indolbutírico y sales de potasio del ácido indolbutírico) en los esquejes de primavera estimulan el proceso fisiológico de diferenciación de raíces; la magnitud del estímulo está en función de la planta madre, de la posición del esqueje en la rama, del contenido nutrimental y de azúcares presentes en el material vegetativo.

Materiales y Métodos

Efecto de auxinas en esquejes de otoño

La colecta de esquejes se realizó el 29 de octubre de 2010, se empleó la técnica de transecto propuesta por Geilfus, (1997). Se muestrearon 12 árboles de madroño (*Arbutus glandulosa*) con buenas características de vigor y sanidad, cada árbol fue georeferenciado con GPS.

De cada árbol se cortaron 10 estacas de aproximadamente 50 cm; cada estaca se dividió en 3 esquejes (basal, medio y apical), en total se obtuvieron 120 esquejes basales de ± 17.24 cm de longitud y ± 1.47 cm de diámetro, 120 esquejes medios de ± 17.48 cm de longitud y ± 1.21 cm de diámetro y 120 esquejes apicales de ± 17.4 cm de longitud y 0.88 cm de diámetro. Los esquejes se desinfectaron con una solución de Promil® 50%. Se envolvieron en periódico y se transportaron en hieleras para conservarlos frescos hasta su establecimiento.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de 0 auxinas, 2000 ppm de AIB, 5 ppm de ANA y la combinación de 2000 ppm de AIB + 5 ppm de ANA. Se usó un diseño de tratamientos jerárquico o anidado, para observar el efecto de la posición de los esquejes (basal, medio y apical) por cada árbol. Se evaluó porcentaje de sobrevivencia y de enraizamiento.

Para facilitar la aplicación se mezcló con talco industrial REASOL y Promil 50% para evitar la presencia de enfermedades durante el tiempo de enraizamiento. En la pasta que se formó se sumergieron los esquejes previamente etiquetados, posteriormente se colocaron en tubetes de 250 cm³ que contenían como sustrato una mezcla de peatmoss y agrolita en una proporción 3:1 v/v. Se aplicó un riego a saturación antes de colocar los esquejes, y durante la fase experimental se mantuvo a su máxima capacidad de retención de humedad.

Los esquejes se mantuvieron a temperatura que osciló entre los 11.5 y 24 °C. Tres semanas después se registró el inicio de brotación y se hizo un conteo semanal; gradualmente fueron agotándose las reservas y murieron los brotes y esquejes. A las diez semanas se evaluó el experimento.

Efecto de auxinas en esquejes de primavera

La colecta de material vegetativo se realizó el día 15 de abril de 2011, en la misma comunidad. El material se colectó de seis árboles muestreados en el primer experimento, tomando en cuenta tres árboles con buena capacidad de brotación y tres árboles que no produjeron ningún brote. Las estacas se cortaron por la mañana para evitar desecación, se desinfectaron en una solución de 12 gL⁻¹ de Promyl 50% P.H, se colocaron en hojas de papel periódico y geles congelados para mantener fresco el material durante el transporte. Una vez en el invernadero, los esquejes se dejaron en contenedores con agua fresca durante toda la noche.

El 16 de abril de 2011 se hicieron los esquejes; los medios de ±1.5 cm de diámetro y ±10 cm de longitud, los apicales de ±0.8 cm de diámetro y ±12 cm de longitud. Se les cortó 0.05 cm en la base para determinar la concentración nutrimental; a los esquejes medios se les aplicó una capa de cera en el ápice, para sellar el tejido y evitar pudrición. A los esquejes apicales se les dejaron de 2 a 4 hojas.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de hormonas (auxinas) para inducir el enraizamiento: 1) 2000 ppm de AIB, 2) 8000 ppm K-IBA, 3) 2000 ppm de AIB + 8000 ppm de K-IBA. El tratamiento con 2000 ppm de AIB se tomó como testigo y se aplicó en forma de pasta para asegurar su permanencia en el esqueje, el tratamiento con 8000 ppm de K-IBA se aplicó pre remojando las estacas durante 12 segundos en la solución, para el tratamiento de AIB + K-IBA se pre remojaron los esquejes durante 12 segundos en la solución de K-IBA y posteriormente se impregnaron en la pasta de talco con AIB; inmediatamente después se sembraron. A las nueve semanas se evaluó el experimento, verificando la sobrevivencia de estacas y la diferenciación de raíces.

La siembra se realizó en charolas con 25 tubetes de 250 cm³, como sustrato se usó peatmoss y agrolita en una proporción 1:1 v/v, colocando un esqueje por tubete. Se colocaron dentro de una cámara de enraizamiento con temperatura que osciló entre los 20 y 27 °C y una humedad relativa de 70 %. Como unidad experimental se usaron 360 esquejes de 6 árboles de madroño a los cuales se aplicaron los tratamientos de forma aleatoria.

Los tratamientos consistieron en la aplicación de 2000 ppm de AIB, 8000 ppm de K-IBA y la combinación de 2000 ppm de AIB + 8000 ppm de K-IBA. Se usó un diseño de tratamientos jerárquico o anidado para observar el efecto de cada esqueje de acuerdo a su posición por cada árbol. Se evaluó el porcentaje de enraizamiento y la sobrevivencia.

Resultados y Discusión

Enraizamiento de esquejes cortados en otoño

A las 10 semanas se evaluó el experimento y se encontró que no hubo diferenciación de raíces ni sobrevivencia.

A los 21 días de establecido el experimento, inició la emisión de brotes epicórmicos en los esquejes de madroño; el material vegetativo de esta especie obtenido en la época de otoño en las condiciones de este experimento no emitió raíces aun con la aplicación de auxinas (Cuadro 1); Gomes y Canhoto, (2009) obtuvieron esquejes en otoño para producir brotes epicórmicos que posteriormente usaron como explantes para la micropropagación. Al parecer en esta etapa el madroño tiene un mayor contenido de giberelinas que de auxinas en sus reservas, lo que permite el desarrollo vegetativo y no enraizamiento.

Cuadro 1. Supervivencia y enraizamiento de esquejes de madroño en otoño

Tratamiento	Supervivencia (%)	Enraizamiento (%)
Sin auxinas	0	0
2000 ppm de AIB	0	0
5 ppm de ANA	0	0
2000 ppm de AIB + 5 ppm de ANA	0	0

A la tercera semana los brotes comenzaron a necrosarse, lo cual se atribuye a la oxidación de fenoles, similar a lo encontrado por Tarragó *et al.* (2000) en yerba mate (*Ilexparaguariensis* St. Hil.). En este caso se tuvo especial cuidado en la obtención del material vegetativo como es la edad de la planta madre, la sanidad, la época del año y el estado fenológico; criterios con los que PNUMA (2002) asegura el rápido enraizamiento en eucalipto. Sin embargo, cada especie tiene sus propias características que le permiten o le impiden generar raíces, entre ellas destacan el genotipo, el contenido de polifenoles, la concentración de azúcares y el contenido hormonal de la propia planta (Tarragó *et al.*, 2000). El comportamiento de cada especie puede ser muy específico en cuanto a la época del año en que deben obtenerse los esquejes; Dehgan *et al.* (1989) mencionan que la mejor época para propagar *Clethraalnifolia* es a finales de primavera y principios de verano.

Enraizamiento de esquejes cortados en primavera

La falta de diferenciación de raíces en los esquejes de otoño motivaron plantear el objetivo para probar la capacidad de enraizamiento en esquejes de primavera. A las 9 semanas de establecido el experimento se realizó la evaluación; se encontró que bajo estas condiciones, el material vegetativo de primavera no emitió raíces y la supervivencia a las 9 semanas fue nula (Cuadro 2).

Cuadro 2. Supervivencia y enraizamiento de esquejes de madroño en primavera

Tratamiento	Supervivencia (%)	Enraizamiento (%)
2000 ppm de AIB	0	0
8000 ppm de K-IBA	0	0
2000 ppm de AIB + 8000 ppm de K-IBA	0	0

Es importante mencionar que tanto el año 2010 como 2011, son años atípicos por el régimen de lluvias y la variación anormal de las temperaturas; debido a esto los árboles y plantas en general sufren un estrés que los hace desfasar sus etapas fenológicas. En este caso varios factores pudieron afectar la diferenciación de raíces, entre ellos una baja cantidad de reservas, y la nula reacción de la especie al tratamiento con auxinas, en este caso pudo haber sido una dosis muy baja o muy alta que la planta no respondió al estímulo, aunque Ochoa *et al.* (2008) obtuvo resultados con material vegetativo de primavera en *Arbutusunedo*, usando 2000 ppm de AIB. A pesar del uso de sustancias sintéticas para promover la reproducción vegetativa, especies de difícil enraizamiento como el cedro, no responden a estos estímulos. Tarnowski *et al.* (2005), probaron AIB en dosis de 1000, 2000 y 4000 ppm, en estacas de diferentes especies de cedro y en todos los tratamientos las estacas murieron sin generar raíces. Otro factor que impidió la diferenciación de raíces pudo haber sido el contenido de polifenoles que al ser oxidados por el oxígeno del aire, peroxidases o polifenoloxidasas forman quinonas; que se polimerizan rápidamente formando uniones covalentes con las proteínas, ocasionando el cese de la actividad enzimática, lo cual ocasiona la muerte de la estaca. Tal es el caso de la dificultad de propagar de forma asexual yerba mate (*Ilexparaguariensis* St. Hil.) Tarragó *et al.* (2000)

Conclusiones

Para las condiciones en que se llevó a cabo la presente investigación, los tratamientos ensayados con las auxinas ácido indolbutírico (AIB), ácido naftalenácetico (ANA) y sales de potasio del ácido indolbutírico (K-IBA) y su combinación, no promovieron el enraizamiento de esquejes de *Arbutus glandulosa*, independientemente de la posición del esqueje y de la época de colecta.

Literatura citada

- Dehgan, B., M. Gooch., F. Almira and M. Kane. 1989. Vegetative propagation of Florida native plants: III. Shrubs. Florida State Horticultural Society 102:254-260.
- Geilfus, F. 1997. 80 Herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo y evaluación. IICA. SAGAR, México. 208 p.
- Gomes, F., J. M. Canhoto. 2008. Micropropagation of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) from adult plants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant* 45:72-82.
- López P., D., N. Carazo G. 2005. La producción de esquejes. *Horticultura* 5:22-29.
- Ochoa, J., A.V. Tinoco., J.J. Martínez S., M.J. Vicente., E. Conesa., J.A. Fernández y S. Bañón. 2008. Enraizamiento de esquejes apicales de madroño mediante reguladores del crecimiento. *In: 1^{er} Simposio Iberoamericano-IV Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental*. Pontevedra, España.
- PNUMA, 2002. Manual técnico de plantaciones forestales, Cajamarca Perú, 117p.
- Sánchez V.A. y F. Domínguez A. 1989. In: Primera reunión nacional sobre Dendroenergía. Zavala Ch. F. (comp). División de Ciencias Forestales, Chapingo, México. pp: 137-153.
- Tarnowski, C.G. 2005. Ensayo de enraizamiento de estacas foliadas de distintas especies de cedro. Estación Experimental de Cultivos Tropicales INTA – Yuto. Jujuy. 7 p.
- Tarragó, J.R., P.A. Sansberro y L.A. Mroginski. 2000. Uso de sustancias antioxidantes en el enraizamiento de estacas de yerba mate. Facultad de Ciencias Agrarias. Instituto de Botánica del Nordeste, Argentina. 4 p.
- Terrones R., del R. L., C. González S. y S.A. Ríos R. 2004. Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. Libro técnico No. 2, INIFAP; Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto., México.

CARACTERIZACIÓN DE MUESTRAS DE SUELO DE DIFERENTES PARCELAS DE XALPA Y HUEHUETOCA, ESTADO DE MÉXICO

Téllez Cruz Miriam Marisol, Enríquez López Diana Irene, García Fragoso Roberto, Aguirre Gómez Arturo. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, Universidad Nacional Autónoma de México. mmtc_unam@hotmail.com

Resumen

Se realizó el estudio con propósitos de evaluar materia orgánica, conductividad y pH en extractos de saturación de muestras de suelo provenientes de los municipios de Xalpa y Huehuetoca, Estado de México. Los análisis para evaluar la materia orgánica, conductividad y pH se realizaron conforme a la NOM-021-RECNAT-2000. En la determinación de pH se encontró que ninguna muestra se encontraba en situaciones críticas. Para la determinación de materia orgánica la mayoría de las muestras tenían un rango aceptable y ninguna parcela presento problemas de salinidad.

Palabra clave: *Xalpa, Huehuetoca, pH, porcentaje de materia orgánica, extracto de saturación.*

Abstract

The study was conducted aiming to asses organic matter, pH and electrical conductivity in saturation extracts of soil samples from the municipalities of Xalpa and Huehuetoca, State of Mexico. The analysis to evaluate the organic matter, conductivity and pH were made according to NOM-021-SEMARNAT-2000. No sample was in critical situation for pH. On organic matter percentage was in an acceptable range in most samples and no one presented salinity problems.

Keyword: *Xalpa, Huehuetoca, pH, organic matter percentage, saturation extract.*

Introducción

La mejora en el rendimiento agrícola es resultado de estudios metodológicos que se inician con un diagnóstico de la fertilidad del suelo y de las características del agua de riego. Para ello, deben seguirse procedimientos de muestreo, análisis y control de calidad adecuados. La obtención de datos a través de dichos procedimientos y su consecuente interpretación pueden conducir a una recomendación adecuada del manejo. En el presente trabajo, se evalúan parámetros que pretender ayudar a dicha mejora en las parcelas analizadas. Algunos de ellos son:

El pH del extracto de saturación en el suelo es un parámetro de elevada importancia, dada su relación directa con la disponibilidad de nutrientes y la nutrición vegetal. (Castellanos, 2000).

La materia orgánica es una propiedad que se asocia a la liberación de N, P y S, en cuyos ciclos juega un papel importante. La materia orgánica es la variable principal que afecta las propiedades físicas del suelo (Castellanos, 2000); y en los horizontes de laboreo, suelen contener entre el 1 y el 3%. (Russell 1992).

Cuando se presenta alguno de los problemas anteriormente mencionados, existe la alternativa de modificar el suelo para adecuarlo al uso que de él se pretende. El suelo puede modificarse con el suministro de uno o varios nutrientes (L. M. Thompson, 1988).

El objetivo de este trabajo es, por tanto, caracterizar diferentes muestras de suelo de parcelas pertenecientes a los municipios de Xalpa y Huehuetoca con la finalidad de estimar, de manera general, la situación de fertilidad, a través de los indicadores anteriormente mencionados. Se espera este trabajo sea base para recomendar, posteriormente, dosis de fertilización y cantidad de materia orgánica.

Materiales y Métodos.

Las parcelas que fueron evaluadas se encuentran en Xalpa-Huehuetoca, Edo de México, dicha zona muestreada pertenece al régimen de temporal, soportando la mayoría los ciclos agrícolas el cultivo de maíz. Los agricultores fueron capacitados para realizar el muestreo representativo, posteriormente entregaron dichas muestras y se obtuvieron cuarenta y cinco muestras que se llevaron a laboratorio para su análisis. Los procedimientos utilizados en el proyecto fueron los que indican la NOM-021-SEMARNAT-2000. Los análisis realizados consistieron en: 1) Determinación de pH con potenciómetro en la suspensión sobrenadante de una mezcla de suelo 1:2 (AS-02), 1.1) Se pesaron 10 g

de suelo en un frasco de polietileno de 25 mL aprox. 1.2) Se adicionaron 20 mL de agua destilada, 1.3) Se agitó la mezcla en intervalos de 5 min por 30 min, se dejó reposar 15 min 1.4) después de calibrar el potenciómetro se midió el pH de la suspensión; 2) Del mismo modo se midió la Conductividad Eléctrica. 3) Determinación del contenido de humedad de lo suelo (AS-05) Se realizaron las mediciones 3.1) peso del suelo seco al aire 3.2) peso constante de vidrios de reloj 3.3) peso suelo seco en la estufa en los que se peso 0.125g aproximadamente de suelo, llevando a peso constante de las muestras a 105 °C. 4) determinación de materia orgánica (AS-07 Walkley y Black) 4.1) Se pesaron 0.125 g de suelo. 4.2) Adición de 2.5 mL de dicromato de potasio 1N 4.3) 5 mL de H₂SO₄ concentrado 4.4) Agitación durante 1 min. 4.5) Dejar reposar 30 min. 4.6) Se agregaron 50 mL de agua destilada 4.7) 1.25 mL de H₃PO₄ conc. más 1 gota de indicador 4.8) se titulo con la disolución de Fe₂SO₄. 5) Preparación de extracto de saturación y porcentaje de saturación (AS-16 y AS-17). 5.1) Se pesaron inicialmente 200 g de suelo seco al aire 5.2) Se agrego agua hasta obtener una pasta que brilla fluye ligeramente si se inclina y se desliza fácilmente en la espátula. 5.3) Se deja reposar por 30 min y posteriormente se verifican los criterios antes descritos 5.4) Se pesa nuevamente. 5.5) Se lleva a succión a vacio en embudo Buchner y matraz Kitazato. 6) Medición de l pH y conductividad eléctrica en el extracto (AS-02)

Resultados

De los resultados obtenidos se encuentra que el 15.21 % de las parcelas tenían un pH mayor a 8.5 presentando problemas de alcalinidad, dichos suelos deben su condición a la presencia de carbonato y bicarbonato de sodio o magnesio lo cual también causa problemas en la fertilidad, por lo que se recomendó la adición de sulfato ferroso que es un fertilizante de características acidas para corregir dicha problemática. El 32.60 % de las parcelas presentan un pH de entre 7.4-8.5 es decir medianamente alcalinos y se hizo la misma recomendación que para las parcelas fuertemente alcalinas. El 21.74% de las parcelas tenían un pH entre 5.1-6.5, es decir, son moderadamente acidas y de no remediar dicha condición la acidificación podría acentuarse y presentar problemas de toxicidad por aluminio, por lo que se recomendó la adición de urea que es un fertilizante de características básicas para remediar. El 30.43% del de las parcelas tienen un pH de entre 5.1-6.5 resultando neutros por lo que no presentan problemáticas de acides ni alcalinidad y se recomienda el uso de cualquiera de los dos fertilizantes anteriormente mencionados (Fig. 1).

En cuanto a los resultados de conductividad eléctrica medidos en el extracto de saturación se obtuvo que 83.3% de las parcelas tenían condiciones de efectos despreciables de salinidad al presentar una conductividad eléctrica menor a 1 dS/m, por lo que no presentan problemas de salinidad. Mientras que para el 16.6% restante presento situación muy ligeramente salina, y de igual modo al no representar un problema para la fertilidad no hubo ninguna recomendación (Fig. 2).

En lo que respecta a la determinación de materia orgánica solo una muestra mostro niveles bajos de materia orgánica con 1.47 % presentando problemas de penetración retículas y baja fertilidad, por lo que se recomendó adicionar materia orgánica. El 50 % de las parcelas presentaron un nivel medio entre 1.6- 3.5%, mientras que el 45.65% presento niveles altos con valores de 3.6-6 % y una parcela (2%) presento niveles muy altos de materia orgánica por lo que no fue necesaria la adición de esta a dicha parcela (Fig. 3).

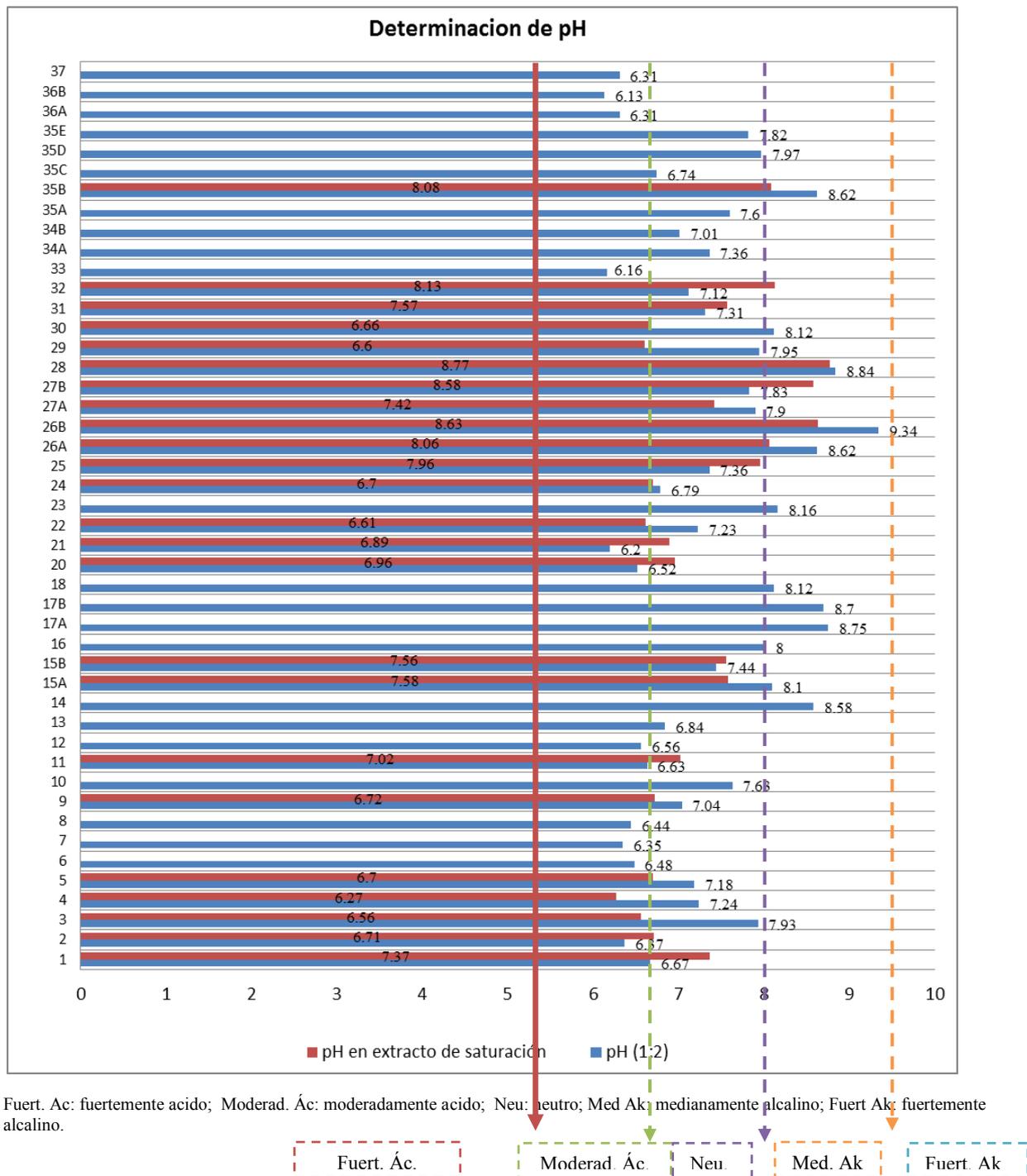
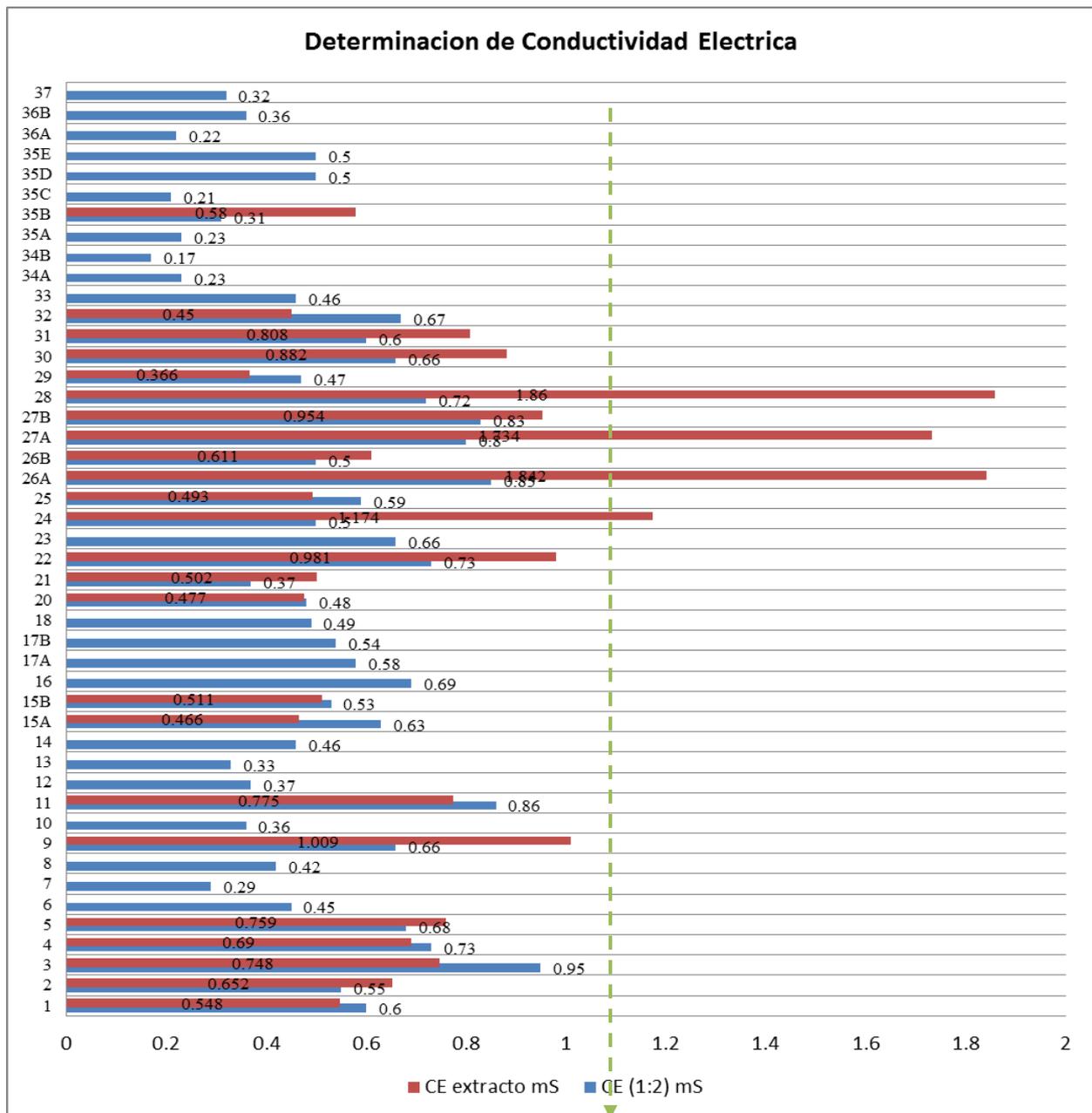


Figura 1. Resultados de pH para las muestras de suelo. se destacan límites de NOM-021-SEMARNAT-2000 con líneas divisorias.



Efec Desp de Sal: efectos despreciables de salinidad, Muy lig Sal: muy ligeramente salino.

Efec. Desp. De Sal.

Muy lig. Sal.

Figura 2. Resultados de Conductividad Eléctrica para las muestras de suelo. se destacan límites de NOM-021-SEMARNAT-2000 con líneas divisorias.

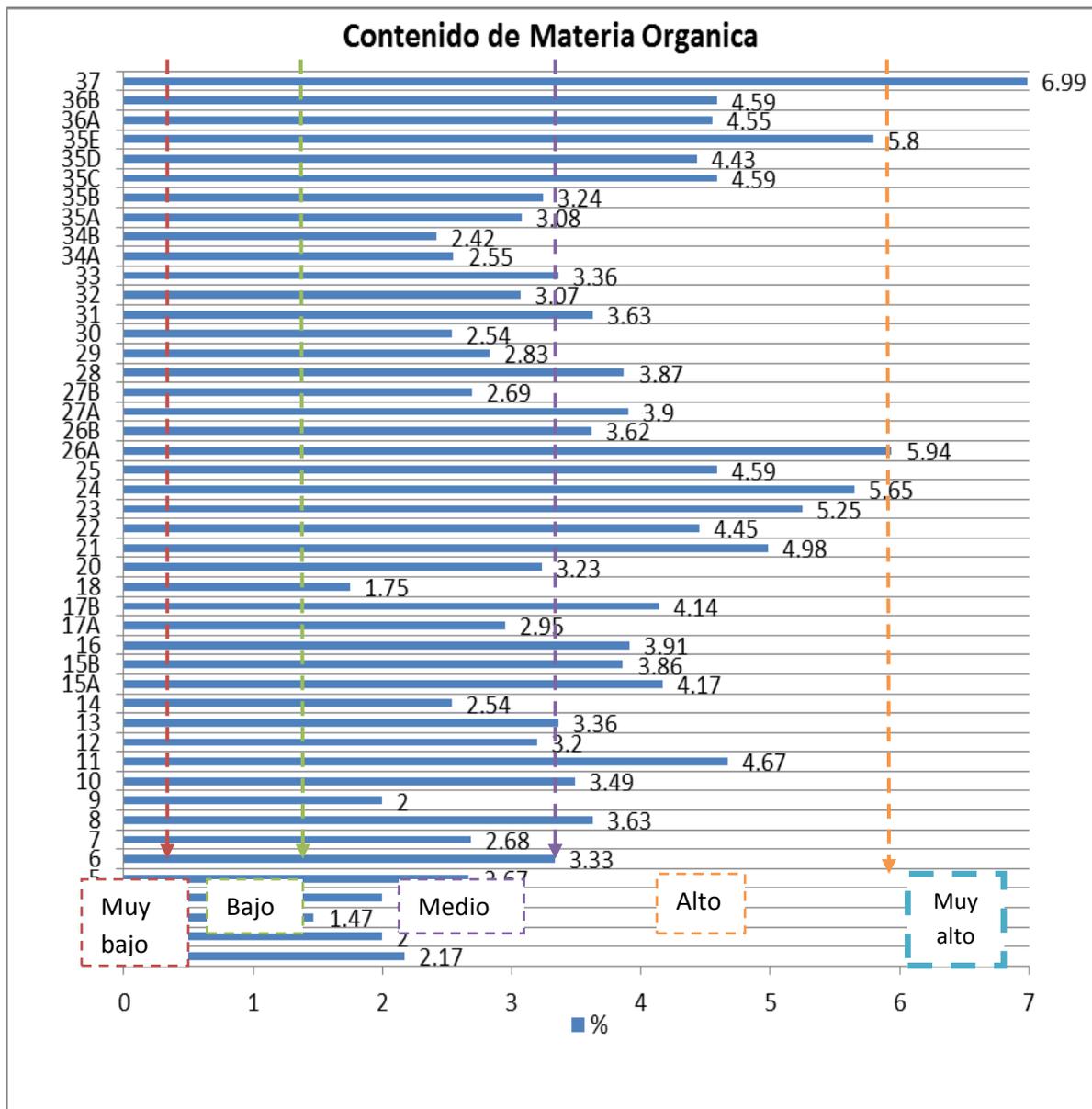


Figura. 3. Resultados de % de Materia Orgánica para las muestras de suelo. se destacan límites de NOM-021-SEMARNAT-2000 con líneas divisorias.

Conclusiones

De acuerdo a los resultados se determinó que la mayoría de los suelos se encontraban entre valores moderadamente ácidos o medianamente alcalinos, pasando por neutros, por lo que se recomendó la adición de urea como fuente de N, mientras que para los medianamente alcalinos la recomendación fue de sulfato de amonio. En la medición de conductividad en la solución 1:2, no se encontraron muestras fuertemente salinas. En cuanto a materia orgánica todas las muestras, excepto una tenían valores en un rango de medio a muy alto, por lo que no requirieron ningún tratamiento posterior. El suelo que mostraba deficiencia de materia orgánica debe ser remediado agregando más de esta para mejorar su fertilidad.

Literatura citada

Norma oficial mexicana nom-021-semarnat-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis.

- Castellanos, J.Z. 2000 —Manual de Interpretación de Análisis de Suelos, Aguas Agrícolas, Plantas y ECP. 2da ed. México.
- Russell E.J. 1992. —Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell” Mundi-Prensa Libros.

CERTIFICACIÓN ISO 9001:2008 EN FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS DE UN LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN RELACIONADO CON EL ÁREA AMBIENTAL Y AGRÍCOLA

García Fragoso Roberto Gregorio, Aguirre Gómez Arturo
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México
Correo-e: roberto_garcia_fragoso@hotmail.com

Resumen

Se describe, en general, el proceso de certificación en Formación de Recursos Humanos en los Laboratorios de Investigación para el Laboratorio de Química Ambiental y Agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Sistema de Gestión de la Calidad Corporativo de la institución mencionada.

Palabras clave: ISO 9001:2008, laboratorio de investigación y gestión de calidad.

Abstract

Human Resources Formation in Research Laboratories certification for Environmental and Agricultural Chemistry Laboratory from the Faculty of Higher Studies Cuautitlan, National Autonomous University of Mexico is outlined through its Quality Management Corporative System.

Key Words: ISO 9001:2008, research laboratory and quality management.

Introducción

En un mundo continuamente globalizado y ambientalmente comprometido, el llevar a cabo investigación, docencia y servicios que consigan mejores resultados con los mismos recursos es una tarea de relevancia particular para las instituciones de educación superior. Particularmente, la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán [FESC], de la Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], incluyó en su Plan de Desarrollo Institucional 2005, 2009 (FESC, 2006) la implementación de un Programa Integral de Calidad, que pretende certificar diversas áreas de dicha institución en ISO 9001:2000 para fortalecer la competitividad, mejorar su eficiencia y eficacia y elevar la calidad en la institución y su personal (FESC, 2006).

La familia de normas ISO 9000 [International Standardization for Organization], a la que pertenece la ISO 9001:2008 -actualización de la versión en la que se basaba el mencionado plan- representa un consenso internacional en buenas prácticas de gestión de calidad, plasmado en forma de normas y guías relacionadas al manejo de sistemas de calidad y normas auxiliares (ISO, 2011). En particular, la norma ISO 9001:2008 establece requerimientos normalizados para un sistema de gestión de calidad, sin importar la actividad a la que se dedica la organización, su tamaño ni si es parte del sector público o privado. Concretamente, el trabajo presente recopila los aspectos más importantes en cuanto a desarrollo e implementación del Sistema de Gestión de la Calidad Corporativo [SGC-C] de la FESC al proceso de Formación de Recursos Humanos (FRH) en los Laboratorios de Investigación (LI) para el Laboratorio de Química Ambiental y Agrícola (LQAA) de la FESC, UNAM. Se espera que el trabajo aquí presentado sirva de guía y apoyo a laboratorios que pretendan tener un nivel mundial de competencia a través de los procesos de certificación ISO en FRH y como auxiliar en otras áreas.

Materiales y Métodos

Considerando la certificación ISO 9001:2008 por parte del Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, que se alcanzó en Julio de 2011 como la consecución de una meta, la sección de materiales y métodos se describe a continuación:

Materiales y recursos humanos

Un laboratorio con infraestructura adecuada que permita realizar investigación en química relacionada con el área ambiental y agrícola, que no tenga implementado un sistema de gestión de calidad para los procesos que lleva a cabo. Es decir, el LQAA previo a la certificación. Dicho laboratorio posee instrumental analítico sofisticado (cromatógrafos de iones, espectrofotómetro de absorción atómica, electroanalizadores) instrumental auxiliar, (digestor de microondas, agitadores recíprocos, baño de

agua termostatao, estación meteorológica, medidores de pH y conductividad eléctrica, agitadores magnéticos etc.) y otros equipos e infraestructura necesarios para realizar investigación (computadoras, Red UNAM, teléfono, fax, copiadora, etc.).

Un SGC-C que soporte la actividad de distintas áreas en una organización, implementado, en el caso particular, por la Alta Dirección en la FESC, UNAM. Dicho sistema tiene como objetivo —Satisfacer las expectativas del cliente, así como de las partes interesadas y los requisitos de los servicios que presta la Facultad, que se encuentran insertados dentro del SGC-C-FESC, lo cual contribuirá a la elevación progresiva de la calidad en la formación de nuestros alumnos” (FESC, 2011). El sistema de Gestión de Calidad Corporativo se detalla en la sección de Métodos.

Recursos humanos que busquen tener una formación en investigación, realizando servicios sociales, tesis de licenciatura, de maestría o de doctorado, estancias de investigación y/o colaboraciones, es decir, estudiantes de las carreras de Ingeniería Agrícola, Química Industrial, Química, Ingeniería Química, Tecnología, de los posgrados en Ciencias de la Tierra y Ciencias Químicas, entre otros.

Académicos formadores de recursos humanos. Aquellos que desempeñen labores de investigación y posean aptitudes para llevar a cabo el proceso de FRH. Doctores, M. en C. y, en general, todo profesionista relacionado con el área capaz de llevar a buen término investigaciones desarrolladas con la infraestructura disponible.

1 Responsable académico del laboratorio. El jefe del laboratorio, que es responsable, en general, de las actividades desempeñadas en él.

1 Responsable de calidad del laboratorio. La persona que se encarga de implementar, mantener y mejorar el SGC-C y el proceso de FRH en el LQAA.

Métodos

Implementación de un sistema de calidad

El SGC-C de la FESC se organiza en células de trabajo dirigidas por un comité de calidad (CC). En dicho esquema de trabajo el organigrama seguido se presenta en la Fig. 1.

Las funciones de cada uno de los participantes se detallan a continuación:

Alta dirección: delega en el Comité de Revisión la toma de decisiones respecto de auditorías, revisiones y mediciones.

Representante de la dirección: Jefe del departamento de certificación; diseña, coordina y mantiene el SGC-C-FESC; puede auxiliarse de un equipo de calidad.

Jefe del Comité de Calidad: Jefe del departamento que dirige a los comités de calidad, formados a su vez por los Jefes de Laboratorio y el Responsable de Calidad.

Académicos y otro personal administrativo: personal involucrado en el SGC-C-FESC, cuya participación es fundamental para implementarlo y mantenerlo.

Proceso de FRH en los LI

La FRH en los LI se considera como un proceso que tiene entradas, salidas y actividades desarrolladas según el círculo Planear (P), Hacer (H), Verificar (V), Actuar (A) (Fig. 2).

A la izquierda del proceso se encuentran entradas y qué proceso las provee. Estas son el suministro con el cual comienza el proceso de FRH en los LI, alumnos con expectativas provistos por la gestión de recursos.

A la derecha las salidas, que son lo que se obtiene como resultado del proceso y el proceso cliente, que es el que recibe la salida del proceso de FRH en los LI y la utiliza para transformarla.

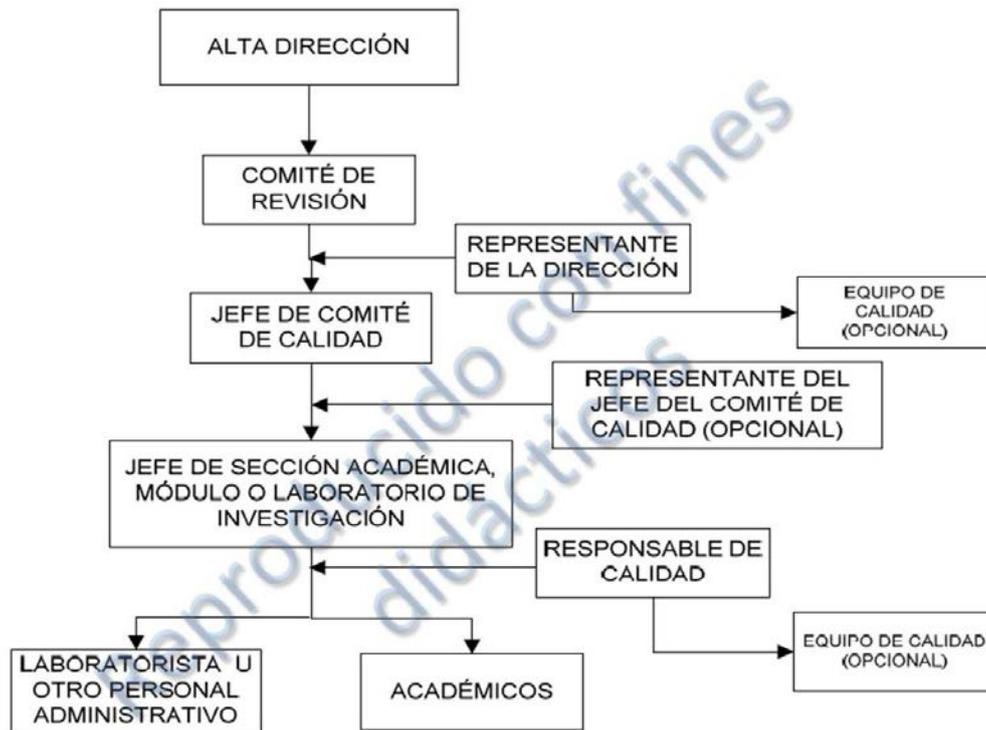


Figura 1. Organigrama del SGC-C FESC UNAM (modificado de FESC, 2011).

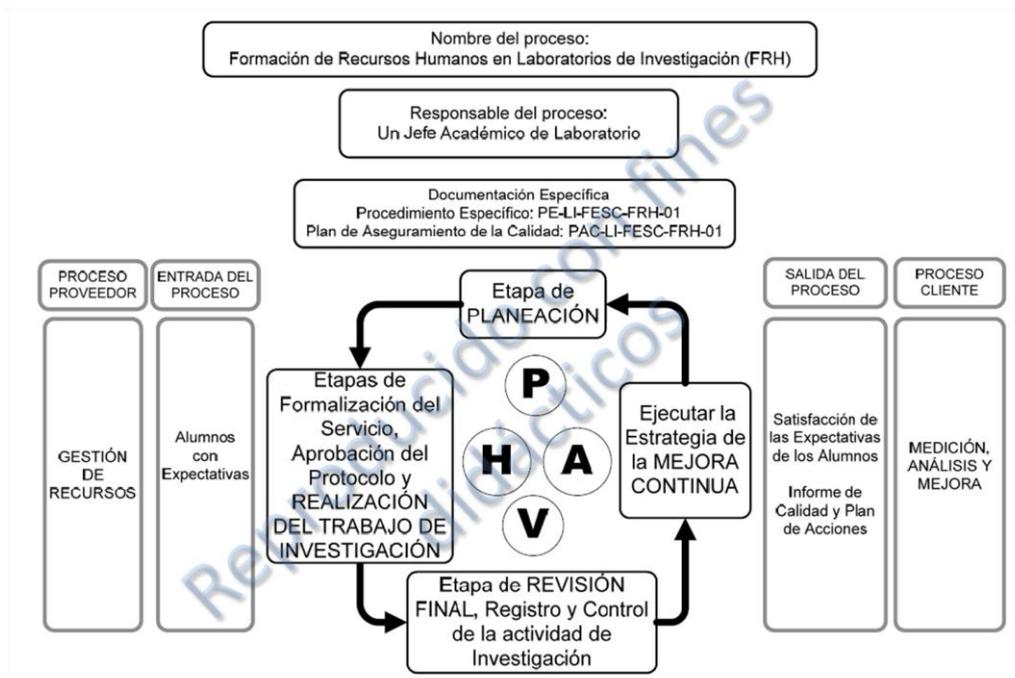


Figura 2. Proceso de FRH en los LI (modificado de FESC, 2011).

En la mitad se encuentra el proceso como tal que, si bien consta de más etapas, puede resumirse bajo el esquema de PHVA para mantenerse en consonancia con el SGC-C de la FESC, de la siguiente forma:

21 al 25 de Noviembre de 2011, San Francisco de Campeche, Campeche

- P: Planeación del proceso de FRH en los LI
- H: Formalización del servicio, aprobación del protocolo y realización del trabajo de investigación
- V: Revisión final, registro y control de la actividad de investigación
- A: Mejora Continua

Según la organización actual del proceso, el resultado de una etapa es la entrada de otra. De ese modo, la planeación da lugar a la formalización; el resultado de la formalización da lugar a una revisión final, registro y control, que a su vez es entrada para el proceso de mejora continua, mismo que suministra al de planeación y así sucesivamente.

Procedimiento Específico para la FRH en los LI

Existe un documento que establece los lineamientos y requisitos generales relativos al proceso de FRH, esto es, el servicio que prestan los LI de la FESC, entre los que se encuentra el LQAA (FESC, 2010). Dicho servicio se brinda a los recursos humanos descritos en la sección de Materiales y recursos humanos. En general, el procedimiento específico se esquematiza como puede apreciarse en la Fig. 3.

A grandes rasgos, el procedimiento específico para la FRH en los LI consiste en 6 etapas. Cada recurso humano descrito anteriormente desempeña un papel en ellas. Sucesivamente, se presentan en el siguiente orden:

- Planeación: Jefe académico del laboratorio, profesor participante y personal auxiliar organizan todo cuanto es necesario para llevar a cabo un proyecto de investigación.
- Formalización del servicio: el profesor relacionado y/o jefe académico del laboratorio elaboran el plan de trabajo, el alumno se registra y firma carta compromiso.
- Aprobación del protocolo: profesor y alumno elaboran un cronograma de trabajo e integran el protocolo de investigación, el alumno realiza una revisión biblio-hemerográfica para estos fines y entrega el proyecto avalado por el investigador.
- Realización del trabajo de investigación: todas las personas involucradas, como profesor, alumno, responsable de laboratorio y alumno o persona afin realizan las actividades descritas en el protocolo de investigación.
- Revisión final y terminación de la investigación: profesor y alumno elaboran el resultado final de la investigación previa revisión y corrección.
- Registro y control de la actividad de investigación: la actividad de investigación queda documentada con el resultado final impreso o electrónico en el laboratorio.

Es importante mencionar que cada etapa tiene sus documentos auxiliares y cada método descrito anteriormente cuenta con evidencia y documentos de referencia que lo sostienen.

Resultados y discusión

Como resultado de un año de trabajo, se consiguió la certificación del LQAA en FRH para los LI. Esta certificación está enmarcada en la implementación, en general, del SGC-C en la FESC de la UNAM. Entre los problemas más notables de la implementación de dicho sistema se encuentra el desconocimiento del mismo por el personal, su reticencia a la aplicación y algunos problemas materiales asociados a la infraestructura. Dicha implementación posee mecanismos necesarios para asegurar la calidad del proceso, para evaluarlo y para mejorarlo, aunque no por cuestiones de espacio no ha sido posible presentarlos aquí.

Conclusiones

Al obtener la certificación en ISO 9001:2008 para FRH en LI, el LQAA de la FESC, UNAM se posiciona como una opción de punta en la materia, tanto dentro de la institución a la que pertenece como en el norte de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. La implementación de un SGC-C permite que diversos procesos dentro de una organización puedan certificarse de acuerdo a organismos como el Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, dando competitividad y valor agregado a la FRH en investigación que se realiza en el LQAA.

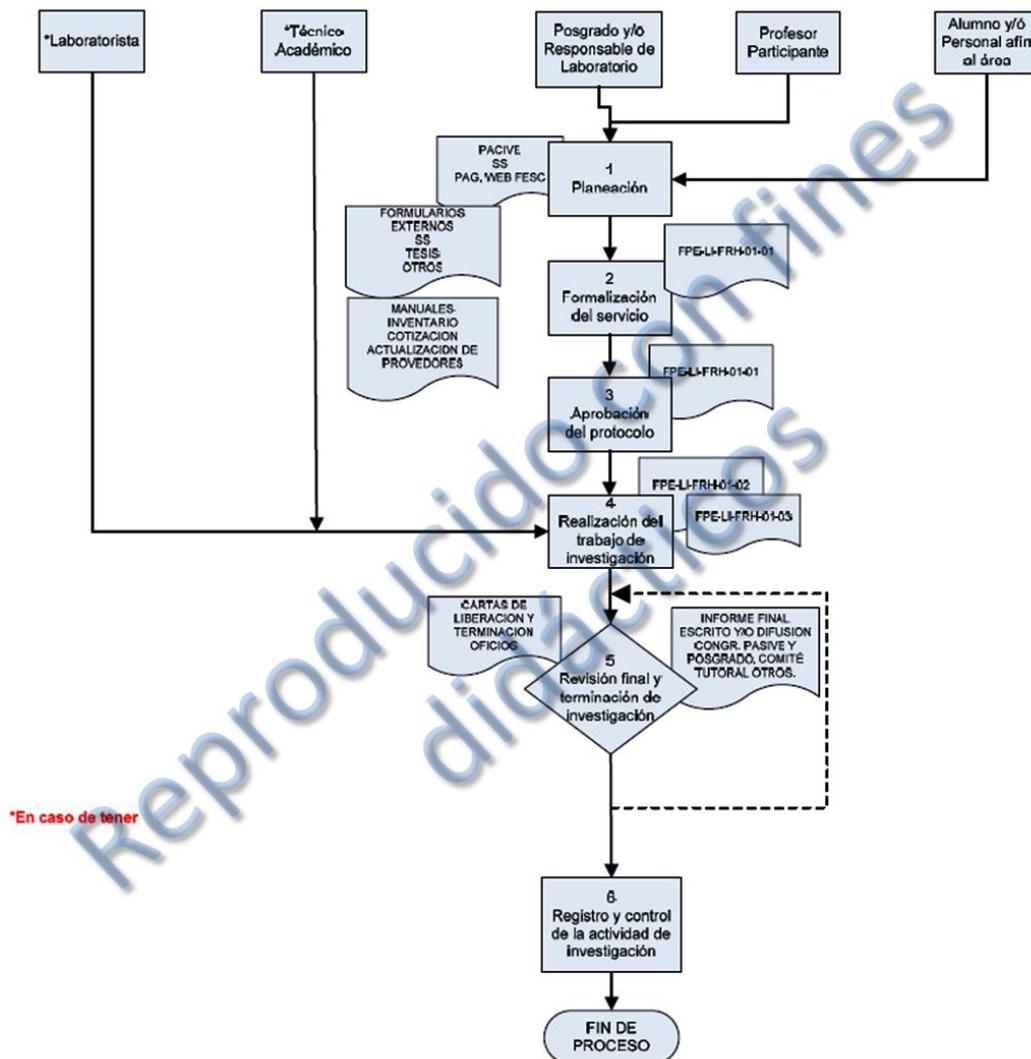


Figura 3. Procedimiento específico para la FRH en los LI (modif. de FESC, 2010)

Literatura Citada

- FESC, 2006. Plan de Desarrollo Institucional 2005-2009. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 2006. Versión digital consultada el 15 de Agosto de 2011: http://www.cuautitlan.unam.mx/descargas/informes_programas_reglamentos/plan_desarrollo_intitucional0509.pdf
- ISO, 2011. ISO 9000 essentials. International Organization for Standardization. Suiza 2011. Versión digital consultada el 21 de Agosto de 2011.: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/management_and_leadership_standards/quality_management/iso_9000_essentials.htm
- FESC, 2011. Manual de Gestión de la Calidad. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. México 2011.
- FESC, 2010. Procedimiento específico para la Formación de Recursos Humanos en los Laboratorios de Investigación. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. México 2010.

HONGOS MICORRÍZICOS, NIVELES DE RIEGO Y FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DE PAPAYA EN QUINTANA ROO.

Huehuet Chan Adrián, Osnaya González Mónica, Carrillo Ávila Eugenio, Alarcón Alejandro, Arreola Enriquez Jesús, Ferrera-Cerrato Ronald. Email: osnaya@colpos.mx
Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y Campus Campeche

El presente estudio se centró en el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares MA, *Glomus intraradices* (aplicación de 0 o 10 g de inóculo), dos dosis de fertilización (180-300-180 + 100 mg o 90-150-90 + 50 Mg) y tres niveles de riego (5, 20 o 35 kpc) en un cultivo papaya cv. Maradol en Quintana Roo, México. El experimento fue conducido bajo un diseño experimental de parcelas subdivididas de 2 x 2 x 3, con 12 tratamientos. La inoculación de los hongos MA se realizó tres semanas después de la germinación de las plantas, y diez días después fueron puestas en el campo. Durante once meses, se evaluó: altura de la planta, diámetro de tallo, diámetro de planta, número de hojas, de flores y frutos. Los tratamientos con hongos micorrízicos superaron estadísticamente a aquellos con los mismos niveles de riego y fertilización, pero sin aplicación de hongos micorrízicos, en las variables altura y diámetro de tallo, así como diámetro de planta, del primero al quinto mes después del trasplante. El número de hojas fue superior solo en el primer mes después del trasplante en tratamientos con micorrizas; mientras que el número de flores fue mayor en el tercero, quinto, noveno y décimo mes en plantas micorrizadas; el número de frutos fue mayor del tercero al séptimo mes con este tipo de tratamientos.

**SIMPOSIUM
BIOQUIMICA DE SUELOS**

**COORDINADOR:
DR ROBERTO QUINTERO LIZAODA**

MANEJO DE NITROGENO EN SISTEMAS DE PRODUCCION INTEGRAL

Velasco-Velasco, Joel., Sánchez Guzmán, Patricio., Cruz Díaz, Jaime., Figueroa Sandoval, Benjamín. Colegio de Postgraduados campus Córdoba, Carretera Federal Córdoba-Veracruz, km 348. Congregación Manuel León 94946, Amatlán de los Reyes Veracruz., Campus Montecillo y campus san Luis Potosí. E-mail: joel42ts@colpos.mx

Resumen

Se definieron las principales características de los sistemas de producción integral de la región de Texcoco y se cuantificó el reservorio de nitrógeno total de un prototipo de sistema de producción integral de traspatio. La encuesta a 15 productores mostró que siete de ellos posee de 0.5 - 2.0 ha, otros siete de 2.5 – 8.0 ha y solo un productor posee 20 ha de cultivo. El manejo del nitrógeno fue diferente de productor a productor, aunque predominó la combinación entre la aplicación de estiércol y el uso de nitrógeno mineral. El nitrógeno total de los componentes del prototipo de sistema de producción integral de traspatio mostró diferencias significativas en la capa superficial (0–15 cm) del suelo. El huerto frutal mostró 1.7 g N kg⁻¹ suelo comparado con 0.8 y 0.9 g N kg⁻¹ de suelo de la pradera y las camas biointensivas de hortalizas, respectivamente. Las estrategias de manejo en un sistema de producción integral afectaron los reservorios de N total del suelo.

Palabras clave: uso eficiente de nitrógeno, volatilización de amoníaco, pérdidas de nitrógeno.

Abstract

The main characteristics of the integrated agricultural systems in the Texcoco region were defined, and the total N reservoir in the integrated agricultural system prototype was quantified. The survey applied to 15 agricultural producers showed that seven of them possessed from 0.5 to 2.0 ha, other seven owned from 2.5 to 8.0 ha; while only one had 20 ha. The nitrogen management differed amongst agricultural producers, although the combination between mineral nitrogenous fertilizers and manure application was the most common practice in the region. Total N in the core components of the integrated agricultural system prototype showed significant differences in the first 15 cm depth. The orchard showed 1.7 g N kg⁻¹ of soil compared to 0.8 and 0.9 g N kg⁻¹ of the grassland and the bio-intensive vegetable beds, respectively. Management practices in an integrated agricultural system could affect total N reservoirs in soil.

Key Words: nitrogen use efficiency, ammonia volatilization, nitrogen losses.

Introducción

Los sistemas de producción integral se basan en múltiples componentes que interactúan en espacio y tiempo y la interacción resulta en un sinérgico flujo de recursos entre los componentes. Los sistemas de producción integral han sido nombrados de diferente forma. En Europa se les denomina sistemas de granjas mixtas. Concepto que se ha extendido a regiones tropicales y subtropicales de África y Sudamérica. En México, los sistemas de producción tradicionales son en esencia sistemas de producción integral debido a que se integran animales y cultivos de manera complementaria. En la mayoría de las regiones de México existe preocupación por la productividad variable de los sistemas agrícolas tradicionales, no obstante, la contaminación potencial de compuestos nitrogenados a los recursos agua, aire y bosques circundantes ha sido poco estudiada en la agricultura mexicana. La productividad de los sistemas agrícolas de México han sido regidos por los postulados fundamentales de los agroecosistemas tales como: i) la ley del rendimiento de los cultivos, ii) el postulado de la no aditividad de los factores del rendimiento, iii) el carácter económico de la agricultura basado en la revolución verde (Turrent-Fernandez et al., 2005). Actualmente, se ha dado un enfoque más integral al concepto de productividad de agrosistemas en el cual se incluyen aspectos como el potencial de contaminación de las prácticas agrícolas. En los sistemas de producción tradicionales, la fuente de nitrógeno ha sido basada en la aplicación de estiércol y fertilizantes minerales. Recientemente además de prácticas convencionales de manejo de estiércol (uso de estiércol fresco y seco), nuevas técnicas de manejo de estiércol han sido recomendadas a los productores agrícolas. Un ejemplo es el vermicompostaje con el objetivo de incrementar la eficiencia de uso de los nutrientes en general y

particularmente del nitrógeno (Velasco-Velasco et al., 2004). Sin embargo, el impacto al entorno ambiental de las prácticas de estiércol tradicionales en la región de Texcoco no ha sido evaluado a escala de sistema de producción. De manera global se atribuye a las actividades agropecuarias el 90% de las emisiones de compuestos nitrogenados a la atmósfera, de los cuales, el principal es el amoníaco (Misselbrook et al., 2000). Por lo que estudiar dinámica de N a nivel sistema es un área de oportunidad. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar los sistemas de producción integral tradicionales y cuantificar el reservorio de N total de un prototipo de sistema de producción integral de traspatio.

Materiales y Métodos

La región de Texcoco se localiza en la parte noreste del Valle de México a 2250 msnm., se caracteriza por un clima templado húmedo con lluvias en verano, temperatura media anual de 16°C y precipitación media anual de 650 mm del cual el 90 % llueve en los meses de mayo –octubre. Los suelos agrícolas en las inmediaciones del exlago de Texcoco están formados de ceniza volcánica recientemente cubierta por depósitos aluviales y pH de 7.5 a 9.5. El manto freático se localiza cerca de la superficie (80-150 cm.) con altos contenidos de NaCl y Na₂CO₃ (Beltran-Hernandez et al., 1999). Los suelos adyacentes al ex-lago son típicamente finos, mixtos, térmicos, Cumulic Haplustolls, Fluvaquentic Endoaquolls and Petrocalcic Calciustolls (Sommer *et al.*, 2007). La colecta de información fue mediante entrevistas personales en campo siguiendo la metodología propuesta por FAO (1997). Los datos de la encuesta fueron usados para definir los límites y las prácticas de manejo de N proveniente de estiércol como fertilizantes. Se muestreó suelo de los primeros 15 cm, el suelo se colocó en una bolsa de plástico y se transportó al laboratorio de suelos del Colegio de Postgraduados para el análisis de nitrógeno total (Rowell, 1994) y materia orgánica (Walkley, 1947). Los datos fueron procesados por ANOVA usando el paquete estadístico MINITAB (V. 15, Coventry UK). Los principales componentes de los sistemas de producción integral de traspatio están esquemáticamente representados en la

Figura 5.

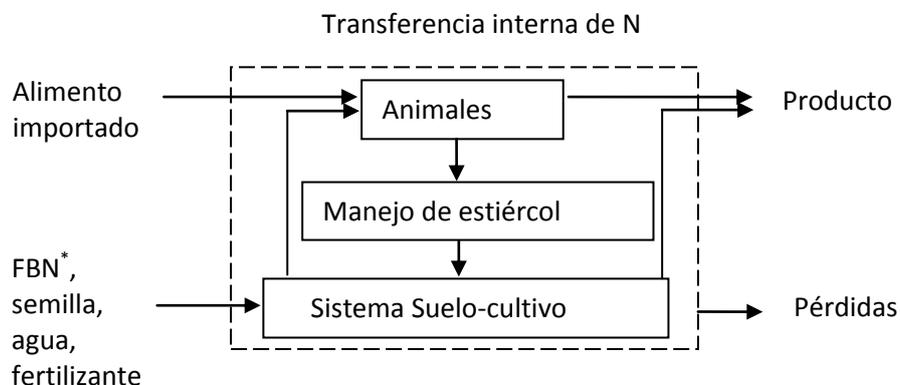


Figura 5. Flujos de N simplificados dentro de los principales componentes de los sistemas de producción integral de traspatio (* FBN-Fijación biológica de nitrógeno)

Resultados y Discusión

De acuerdo con la encuesta siete productores agrícolas poseen de 0.5 - 2.0 ha, siete de 2.5 – 8.0 ha y solo uno posee 20 ha de cultivo (ver, Cuadro 3). La información recabada en este trabajo coincide con aquella información citada por Madrid-Cordero (2009), quien menciona que los pequeños propietarios (<5 ha) representan el 73% de los productores agrícolas, y el 22 y 5% corresponde a productores medios (5 - 20 ha) y grandes productores (>20 ha) respectivamente. A este respecto, los sistemas agrícolas en la región de Texcoco, además de la variación en tamaño, también son diferentes en términos de manejo de estiércol, tipo y carga animal (Cuadro 3). Pequeños agricultores integran animales y cultivos; sin embargo, las estrategias de manejo difieren entre productores.

Cuadro 3. Características principales de los sistemas de producción integral encuestados (A-O) en la región de Texcoco

[‡] Intensivo (Int) los animales son alimentados dentro del corral; semi-intensivos (S-Int) los animales son mayormente alimentados en corral; extensivo (E) los

Características	Sistema de producción integral														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Tamaño (ha)	8.0	4.0	8.0	2.0	3.0	8.0	2.0	4.0	4.0	1.7	1.0	0.5	0.5	0.5	20.0
Lluvia promedio (mm a ⁻¹)	640	640	640	645	645	645	635	635	635	635	635	635	640	640	640
<i>Animales (carga animal)</i>															
Vacas lecheras		9	7		14	30	8	10	14	2	4	2	3		8
Bovino de engorda								10				15		5	
Cerdos	130			30	6										
Borregos-cabras				10											
Tipo de sistema [‡]	Int	S-Int	S-Int	Int	S-Int	S-Int	S-Int	S-Int	E	S-Int	S-Int	E	E	E	Int
<i>Cultivos (ha)</i>															
Maíz-grano,		4	4	1	0.5					1.7	1				
Frijol				0.5					2						
Maíz forrajero					0.5	3	1	2						0.5	
Alfalfa			4	0.5		3	1					0.5			
Avena	8					2		2					0.5		
Hortalizas [‡]					2				2						20
<i>Prácticas de manejo de N</i>															
Fertilizante (kg N ha ⁻¹) [‡]			14	138	26	23							46	92	120
Estiércol (kg N ha ⁻¹)	24	23	15				225	81	180	126	18	54			
Estiércol almacenado en parcela	156	52	4	26	0	0	25	25	52	0	25	52	52	52	
(semanas)															
Estiércol almacenado en establo		1	1		16	4				52					1
(semanas)															
Tiempo de incorporación (días)	1	1	0			0	0	1	0	1	1	0		0	
Método de fertilización	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1			2

Animales se alimentan fuera del corral a través de pastoreo.

[‡] Lechuga, brócoli, cebolla, espinaca, calabacita y cilantro.

[‡] Fertilizantes más comunes: nitrato de potasio, urea (46%), nitrato de calcio, superfosfato, sulfato de amonio.

[‡] Método de fertilización: 1= voleo, 2 = banda.

El estiércol animal tiene dos destinos, aplicación directamente al suelo dentro de los sistemas agrícolas y exportación hacia fuera del sistema. Esta actividad podría afectar la fertilidad del suelo a largo plazo y en consecuencia impactar sobre la productividad del sistema de producción. Otra característica detectada a través de la encuesta fue que gran parte del ingreso del productor no proviene de la actividad agrícola sino que proviene del empleo del productor en actividades urbanas. De acuerdo con otras investigaciones este un patrón común de los agricultores agrícolas en la región del Valle de México. En 1995, de una encuesta desarrollada en Milpa Alta y Xochimilco, solo el 32% y 33% respectivamente, de los productores agrícolas estaban dedicados exclusivamente a actividades agrícolas; mientras que el 68% y 67% combinan ambos, actividades urbanas y agrícolas (Torres-Lima and Burns, 2002).

Manejo de N a través del estiércol

La aplicación de estiércol fresco y viejo a los cultivos ha sido una práctica común en esta región. Estiércol viejo en este trabajo se refiere a estiércol que fue sacado del corral y almacenado por más de 6 meses a la intemperie, ya sea en la parcela o junto a los corrales. Estiércol fresco por su parte se considera como el estiércol aplicado a suelos de cultivo inmediatamente después de ser colectado en los corrales, durante el primer mes después de ser colectado. De acuerdo con los datos colectados en la encuesta, diez productores almacenan el estiércol en la parcela de 6 a 12 meses antes de la aplicación y solo uno almacena estiércol de 6-12 meses en el establo; mientras que cuatro productores lo almacenan por menos de cuatro meses en el establo. Por lo tanto, la aplicación de estiércol viejo es la práctica más común en la región de Texcoco. Referente al método de aplicación, se observó que este depende del tipo de cultivo. La mayoría de los productores (11) la aplican e incorporan mecánicamente el mismo día, mientras que cuatro productores incorporan el estiércol después de 30 días de su aplicación. De acuerdo con la encuesta se detectó que tres productores venden el estiércol por lo que es aplicado fuera del sistema. Esto se debe a que el productor no posea suficiente terreno para su aplicación, otra causa puede ser el alto valor que el estiércol ha adquirido en los últimos años y en ocasiones el estiércol sirve también como una fuente de ingresos. El manejo de estiércol es un elemento clave para incrementar la eficiencia de uso de N a escala de parcela, así para mejorar el manejo de N a nivel de sistema de producción integral se requiere de información específica a ese nivel de producción. Oenema (2006) sugirió que el estudio a nivel sistema de producción es esencial para incrementar la productividad y reducir el impacto ambiental de las prácticas agrícolas. Para climas templados, la regulación en el manejo de estiércol tuvo que ser obligatorio para zonas vulnerables en la lixiviación de nitratos desde los 90s. Por ejemplo el código de las buenas prácticas agrícolas ha sido publicado por el Ministry of Agriculture, Fisheries and Food (MAFF) ahora llamado Department of Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) en el Reino Unido. Estos códigos están diseñados para conducir a los agricultores a manejar el estiércol más efectivamente. (Merrington *et al.*, 2002). En México se ha tratado de adoptar y seguir las regulaciones de la EPA (Environmental Protection Agency); sin embargo sólo en la agricultura comercial se ha implementado de manera ordenada, mientras que en la agricultura de subsistencia aún no se ha implementado legislación alguna a nivel de sistema de producción.

Reservorio de nitrógeno en los principales componentes del prototipo de sistema de producción integral de traspatio

El N total mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) en la capa superficial del suelo de 0 – 15 cm. El componente del huerto frutal mostró 1.7 g N kg suelo comparado con 0.8 y 0.9 g N kg⁻¹ de suelo de la pradera y las camas bio-intensivas de hortalizas, respectivamente

Figura 6a. Este efecto se debe probablemente al manejo de acolchado en el huerto, lo que afecto las condiciones físicas del suelo y consecuentemente la temperatura, evaporación y la infiltración de agua. (Cook *et al.*, 2006; Parkinson *et al.*, 1996). Además, el acolchado y su descomposición resultó en la acumulación de materia orgánica y la acumulación de nitrógeno orgánico. El N total cuantificado en las diferentes profundidades no mostro diferencias estadísticas significativas, se observaron rangos de 0.3 –

0.6 g N kg⁻¹. El reservorio de N en la capa arable del suelo confirma la importancia de incorporar tanto materia orgánica como residuos agrícolas o vermicompost al suelo

Figura 6b. El uso de estrategias en el manejo del huerto presentó un impacto positivo en la cantidad de nitrógeno total acumulado en el suelo, asumiendo que el reservorio de N en los suelos del área eran uniformes antes de la implementación de sistema prototipo. El reservorio de nitrógeno en el prototipo de sistema integral de traspatio es similar a los valores típicamente reportados para la capa arable de suelos agrícolas, donde las cantidades de N van desde 0.02 - 0.5% lo que equivale a 0.4 – 10 Mg N ha⁻¹ (Brady and Weil, 2002). En la región de Texcoco el nitrógeno orgánico en agricultura orgánica y agricultura convencional (0 – 120 cm de profundidad ha sido estimado de 14.4 y 12.4 Mg ha⁻¹ respectivamente (Cristobal-Acevedo *et al.*, 2007).

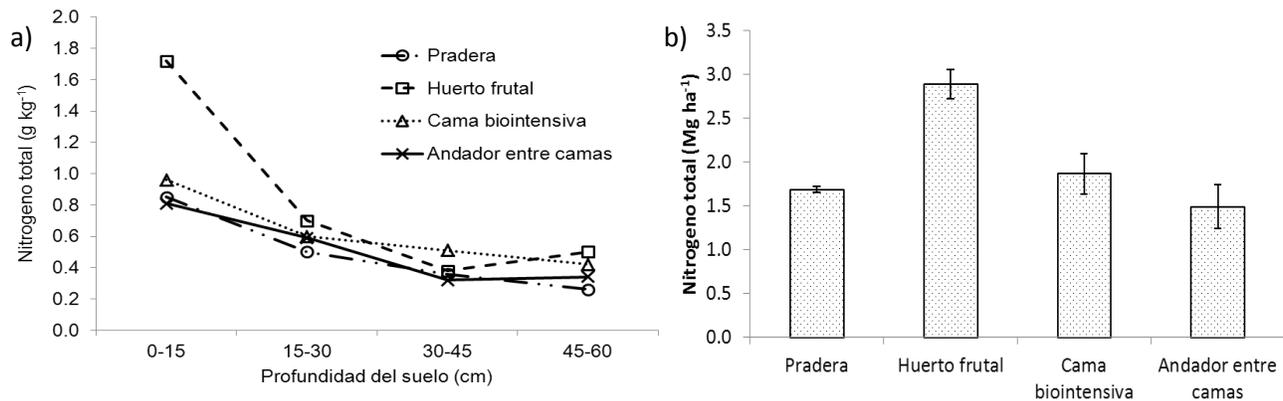


Figura 6. Contenido de nitrógeno total en el perfil del suelo (0 - 60 cm) a), y de los principales componentes de un prototipo de sistema de producción integral de traspatio b), (n = 5).

Conclusiones

La encuesta a 15 productores mostró que siete de ellos posee de 0.5 - 2.0 ha, otros siete de 2.5 – 8.0 ha y solo un productor posee 20 ha de cultivo. El manejo del nitrógeno difiere de productor a productor, aunque predominó la combinación entre la aplicación de estiércol y el uso de nitrógeno mineral. El nitrógeno total del prototipo de sistema de producción integral de traspatio mostró diferencias significativas en la capa superficial (0–15 cm) del suelo. El componente del huerto frutal mostró 1.7 g N kg⁻¹ suelo comparado con 0.8 y 0.9 g N kg⁻¹ de suelo de la pradera y las camas biointensivas de hortalizas, respectivamente. Las estrategias de manejo en un sistema de producción integral afectaron los reservorios de N total del suelo.

Literatura Citada

- Beltran-Hernandez R.I., Coss-Munoz E., Luna-Guido M.L., Mercado-Garcia F., Siebe C., Dendooven L. (1999) Carbon and nitrogen dynamics in alkaline saline soil of the former Lake Texcoco (Mexico) as affected by application of sewage sludge. *European Journal of Soil Science* 50:601-608.
- Brady N.C., Weil R.R. (2002) *The Nature and properties of soils*. Thirteenth Edition ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Cook H.F., Valdes G.S.B., Lee H.C. (2006) Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea mays* L. *Soil and Tillage Research* 91:227-235.
- Cristobal-Acevedo D., Elizalde-Flores E., Cerda-Ruiz N. (2007) Dinámica de nitrógeno en los sistemas agrícolas orgánico y convencional con cultivo de maíz (*Zea Maize*), in: R. Muñiz-Salazar, et al. (Eds.), *Congreso internacional de ciencias agrícolas*, Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California, México. pp. 213-216.

-
- FAO. (1997) Marketing research and information systems, Food and Agriculture Organization for the United Nations, Rome, Italy.
- Madrid-Cordero E. (2009) El minifundio y el campo Mexicano, Financiera Rural, Mexico D.F. pp. 5.
- Merrington G., Winder L., Parkinson R., Redman M. (2002) Agricultural Pollution: environmental problems and practical solutions Spon press, London and New York.
- Misselbrook T.H., Van Der Weerden T.J., Pain B.F., Jarvis S.C., Chambers B.J., Smith K.A., Phillips V.R., Demmers T.G.M. (2000) Ammonia emission factors for UK agriculture. *Atmospheric Environment* 34:871-880.
- Oenema O. (2006) Nitrogen budgets and losses in livestock systems. *International Congress Series* 1293:262-271.
- Parkinson R., Fuller M., Jury S., Groenhof A. (1996) An Evaluation of Soil Nutrient Status Following the Application of (i) Co-composted MSW and Sewage Sludge and (ii) Greenwaste to Maize, in: M. de Bertoldi, et al. (Eds.), *The Science of Composting*, Blackie A & P, Glasgow, UK. pp. 469-476.
- Rowell D.L. (1994) *Soil Science: Methods and Applications* Longman Scientific & Technical, London.
- Sommer R., Wall P.C., Govaerts B. (2007) Model-based assessment of maize cropping under conventional and conservation agriculture in highland Mexico. *Soil & tillage research* 94:83-100.
- Torres-Lima P., Burns A.F. (2002) Regional Culture and Urban Agriculturalists of Mexico City. *Anthropologica* XLIV:247-256.
- Turrent-Fernandez A., Laird R.J., Cortes-Flores J.I., Volke-Haller V. (2005) Revisiting agrosystem productivity: I. Fundamentals and tools. *Agrociencia* 39:29-39.
- Velasco-Velasco J., Figueroa-Sandoval B., Ferrera-Cerrato R., Trinidad-Santos A., Gallegos-Sánchez J. (2004) CO₂ and Microbial Population Dynamics in Manure and Straw Compost under Aeration. *TERRA Latinoamericana* 22:307-316.
- Walkley A. (1947) Critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. *Soil science* 63:251-263.

CAPTURA Y ESTABILIDAD DEL CARBONO EN SUELOS DE BOSQUES MONTANOS

Álvarez Arteaga, Gustavo¹; García Calderón, Norma Eugenia²; Ibáñez Huerta Abel¹

Laboratorio de Edafología Nicolás Aguilera, Facultad de Ciencias, UNAM¹ E-mail: galvareza68@gmail.com
UMDI-DERN Facultad de Ciencias, Campus Juriquilla, Universidad Nacional Autónoma de México, 76230, Querétaro *E-mail address: normaeu@fata.unam.mx

Resumen

Con objeto de entender los mecanismos de captura y estabilización del carbono edáfico, se estimaron los almacenes de carbono y su distribución vertical en los suelos de un ecosistema de bosque montano de niebla, dentro de un gradiente altitudinal. Los resultados indicaron que el almacén de carbono en suelo, está constituido principalmente por restos orgánicos en diferentes estados de degradación y en menor medida por compuestos organominerales. La reserva de carbono edáfico tuvo valores promedio de 220 Mg C ha⁻¹ entre 1500 y 2050 m, que disminuyen significativamente a 2500 m. La distribución vertical del carbono dentro del perfil de suelo tiene dos patrones característicos; el acumulativo y eluvial-iluvial. Se propone que los mecanismos de captura y estabilización del carbono edáfico dentro de estos sistemas, están fuertemente relacionados con bajas tasas de degradación, el régimen hiperhúmedo del suelo y su condición textural.

Palabras clave: Almacenes de carbono, suelos hiperhúmedos, restos orgánicos

Abstract

In order to understand the mechanisms of capture and stabilization of soil organic carbon, we estimated carbon stocks and their vertical distribution in soils of a cloud montane forest in an altitudinal gradient. The results indicated that carbon stocks are mainly composed of organic debris and to a lesser extent, organomineral compounds. Soil carbon stock was 220 Mg ha⁻¹ between 1500 and 2050 m, and decreasing significantly at 2500 m. Vertical distribution in soil profile has two patterns: cumulative and eluvial-iluvial. We propose that capture and stabilization of soil carbon in these systems are strongly associated with low rates of degradation, soil moisture and textural condition.

Key Words: Carbon stocks, hyper-humid soils, organic debris

Introducción

No obstante que los bosques montanos de niebla (BMN) representan únicamente el 0.26 % de la superficie terrestre (Bubb *et al.*, 2004), destaca su importancia como centros de biodiversidad, fuente de materias primas y proveedores de servicios ambientales tales como la captura de agua y carbono (C). Actualmente la tasa de deforestación para estos ecosistemas solo es superada por la de las selvas tropicales, con lo cual, es previsible que su función como sumideros de carbono esté seriamente comprometida. Una premisa para entender los mecanismos que determinan la captura y permanencia del carbono dentro de estos sistemas, consiste en cuantificar y caracterizar los almacenes de C de la manera más precisa y completa posible, partiendo del conocimiento de su historia y de la gama de interacciones bióticas y abióticas en las que están involucrados.

De acuerdo a Hamilton *et al.* (1995), un rasgo característico de los suelos de los BMN es la presencia de horizontes orgánicos profundos, bajo diferentes grados de descomposición, que pueden llegar a constituirse como un almacén muy importante de C por su magnitud (Wilcke *et al.*, 2003). En contraste, se le ha dado menor importancia al almacén de C asociado con la fracción mineral del suelo por considerar que este reservorio es muy estable e irrelevante en el intercambio gaseoso con la atmósfera. Sin embargo, diversos estudios han revelado que esta fracción puede tener un papel más dinámico a

través de su desplazamiento y reubicación dentro y fuera del complejo edáfico (David, 1995). Partiendo de tales evidencias, el objetivo de este trabajo consistió en evaluar los almacenes de C edáfico y su distribución vertical en suelos de diferentes comunidades primarias de BMN ubicadas en la Sierra Norte de Oaxaca, México.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en los bosques de la comunidad indígena de Santa Cruz Tepetotutla, (Figura 1) Sierra Norte de Oaxaca, México ($17^{\circ} 38' - 17^{\circ} 40' N$ y $96^{\circ} 32' - 96^{\circ} 33' O$). , caracterizada por su relieve montañoso abrupto, alta humedad atmosférica y gran biodiversidad. Los bosques se ubican entre los 1500 y 2500 m, en la ladera norte del Río Perfume, tributario de la Cuenca del Papaloapan. El material geológico está compuesto por esquistos de mica y clorita con inclusiones menores de cuarcita (Álvarez *et al.*, 2008). El clima de la zona es templado húmedo con lluvias abundantes en verano, la precipitación media anual es 5800 mm y la temperatura promedio de $16.5^{\circ} C$.

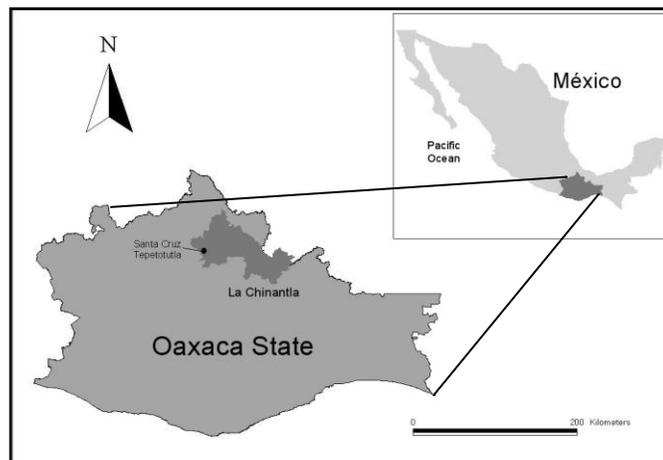


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

Los suelos dominantes para la zona son Podzoles fóllico estágnicos y Stagnosoles fóllicos (IUSS-WRB, 2006) entre los 2050 y 2500 m; por debajo de este intervalo prevalecen los Cambisoles fóllicos hasta los 1500 m; las características comunes a estos suelos son la acidez extrema, fuerte lavado de bases y acumulación importante de restos orgánicos en la superficie del suelo (Álvarez *et al.*, 2008). Las comunidades de BMN estudiadas se ubicaron a 1500, 1940, 2050, 2400 y 2500 msnm. Estos sistemas son transicionales entre los bosques premontanos húmedos subyacentes y los bosques templados de encino (Meave *et al.*, 2006). Para medir el almacén de carbono orgánico del suelo (COS), se perforaron 10 perfiles de una profundidad de 100 cm por piso altitudinal. Las muestras de suelo se tomaron por horizonte con tres repeticiones extraídas con un cilindro de 100 cm^3 de capacidad para evaluar densidad aparente y C en laboratorio por combustión en húmedo (van Reeuwijk, 2002). Los valores promedio por sitio y profundidad se cotejaron para determinar posibles diferencias en el contenido y distribución del COS.

Resultados y Discusión

Los datos obtenidos mostraron aspectos relevantes sobre el contenido y la composición del almacén de COS en los diferentes pisos altitudinales: entre 1500 y 2000 m el COS se mantuvo constante (220 Mg C ha^{-1} en promedio), este valor disminuyó a partir de 2400 m y declinó de manera significativa a 2500 m (158 Mg C ha^{-1}). Consideramos que esta condición puede justificarse principalmente por los cambios en el espesor del horizonte orgánico que se registraron dentro del intervalo y que inciden directamente sobre el carbono acumulado (Figura 2).

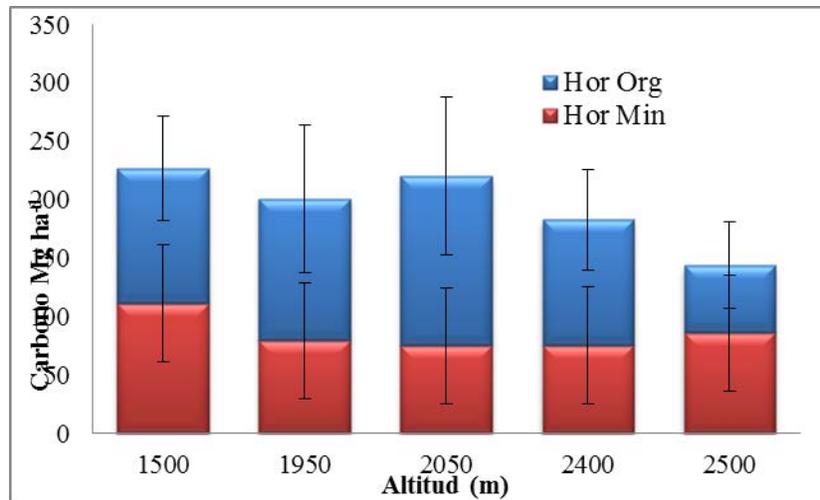
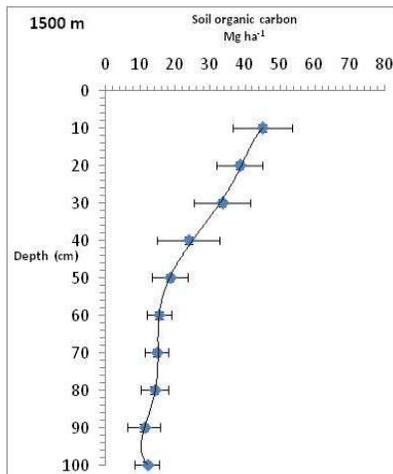
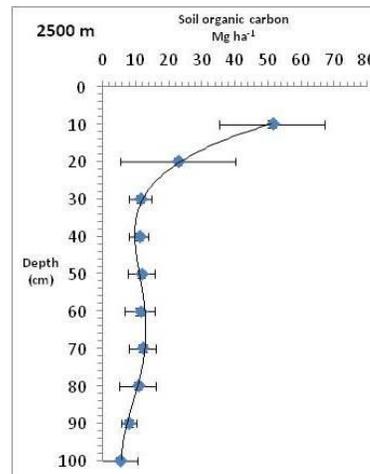


Figura 2. Composición del almacén de carbono edáfico.

Por otra parte, al evaluar la distribución vertical del almacén de COS para cada altitud, se obtuvo que la concentración media de C disminuyó con la profundidad en todos los sitios, no obstante, se pudieron advertir dos patrones distintivos de acumulación: a 1500 m el decremento con la profundidad fue gradual, al pasar de los horizontes orgánicos a los minerales a lo que denominamos patrón acumulativo. En contraparte, a partir de 1950 m y de manera más evidente a 2500 m, la disminución fue abrupta, para incrementarse nuevamente en los horizontes espódicos, lo cual correspondió a un patrón de eluviación – iluviación (figuras 3a y b). Proponemos que la variación registrada puede explicarse a partir de dos condiciones manifiestas en el suelo, como son el intenso lavado a que están sujetas las partículas por el régimen hídrico del suelo y al bajo contenido de arcillas en determinados horizontes, lo cual reduce la capacidad de estos suelos para formar complejos organominerales más estables.



3a



3b

Figura 3a y 3b. Patrones de distribución del carbono orgánico del suelo a) Acumulativo b) Eluviación - Iluviación

Conclusiones

En términos generales, la distribución del carbono orgánico del suelo muestra un patrón común, con una gran acumulación de restos orgánicos en diferentes grados de descomposición en la superficie, en tanto que en los horizontes minerales, las formas de carbono tienden a migrar a profundidad debido a que predomina la formación de compuestos minerales solubles. Consideramos que la confluencia de diferentes factores asociados al gradiente altitudinal como la disminución de temperatura, bajas tasas de evapotranspiración, elevada humedad ambiental así como los procesos pedogenéticos dominantes, inciden sobre los mecanismos de captura y estabilización del carbono edáfico.

Literatura Citada

- Álvarez A.G., N.E. García Calderón, P. Krasilnikov, S.N. Sedov, V.O. Targulian, N. Velázquez Rosas. 2008. Soil altitudinal sequence on base-poor parent material in a montane cloud forest in Sierra Juárez, Southern México. *Geoderma* 44: 593-612.
- Bubb P., I. May, L. Miles, and J. Sayers. 2004. The cloud forest agenda report. UNEP. World conservation monitoring centre. United Kingdom.
- David M.B., G.F. Vance, A.J. Krzyszowska. 1995. Carbon controls in spodosols. Nitrogen, sulfur and phosphorus cycling. In: Carbon forms and functions in forest soils. Soil Science Society of America. USA. pp. 329-353
- Hamilton L.S., J.O. Juvik and F.N. Scatena. 1995. Tropical montane cloud forest. Serie Ecological Studies. 110. Springer-Verlag. New York.
- IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. 2nd edition. World Soil Resources Reports. No. 103. FAO. Rome.
- Meave J.A., A. Rincón, M.A. Romero-Romero. 2006. Oak forests of the hyper-humid región of La Chinantla, Northern Oaxaca range, México. In: Ecological Studies. 185: M. Kapelle (Ed). Ecology and conservation of neotropical montane oak forests. Springer-Verlag.
- van Reeuwijk L.P. (Ed.). 2002. Procedures for soil analysis. 6th edition. ISRIC-FAO. ISRIC Technical paper No. 9.
- Wilcke W., H. Valladares, R. Stoyan, R. Yasin, C. Valarezo and W. Zech. 2003. Soil properties of landslides in mountain rain forest, Ecuador. *Catena* 53: 79-95

BIOQUÍMICA DE LA SOLUBILIZACIÓN DEL FOSFATO VIA BACTERIANA

David Espinosa-Victoria^{1*} y Marianela Paredes Mendoza²

¹Colegio de Postgraduados y ²Universidad Nacional Autónoma de México

*despinos@colpos.mx

Resumen

El desarrollo de las plantas no puede ser entendido sin la participación del fósforo (P). Sin embargo, como es bien sabido, la disponibilidad de este elemento es baja en muchos suelos agrícolas. Afortunadamente, en el suelo existen grupos microbianos, denominados de manera general microorganismos solubilizadores de fosfato (MSP). Dentro de estos, las bacterias solubilizadoras de fosfato (BSPs) surgen como una alternativa viable para promover la nutrición fosfatada de las plantas cultivadas. La solubilización microbiana del fosfato del suelo está mediada por metabolitos como los ácidos orgánicos, fosfatasas y fitasas. El presente trabajo tiene como objeto contribuir al entendimiento de la bioquímica de la solubilización del fosfato del suelo, enfatizando el papel de los ácidos orgánicos y fosfatasas sintetizados por las BSPs. Los géneros bacterianos con mayor capacidad para producir ácidos orgánicos son: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* y *Erwinia*. Los ácidos orgánicos sintetizados por las BSPs tienen acción directa en la acidificación, quelación, precipitación y las reacciones de óxido-reducción en la rizósfera. El ácido glucónico ha sido reportado como el ácido orgánico más común en la solubilización de fosfato mineral del suelo; no obstante, el más eficiente parece ser el ácido 2-cetoglucónico. Aunque la solubilización del fosfato en medio de cultivo ha sido correlacionada con un incremento en la síntesis de ácido 2-cetoglucónico, esto no necesariamente ocurre en todos los casos. Finalmente, parece que las fosfatasas alcalinas presentan mayor actividad que las ácidas, siendo las especies de *Burkholderia* las más eficientes en su producción.

Palabras clave: Bacterias solubilizadoras de fosfato, ácidos orgánicos, fosfatasas

Abstract

Plant development cannot be understood without phosphorus (P) participation. However, as well as known, the availability of this element is low in the majority of agricultural soils. Fortunately, there are several soil microbial groups called phosphate solubilizing microorganisms (PSM). Within those, phosphate solubilizing bacteria (PSB) arise as a viable alternative to promote the phosphate nutrition of crop plants. The microbial phosphate solubilization in the soil is mediated by organic acids, phosphatases and phytases. The subject of the present work is to contribute to the understanding of the biochemical soil phosphate solubilization, emphasizing the role of the organic acids and phosphatases synthesized by PSBs. The bacterial genera with outstanding production of organic acids are: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* y *Erwinia*. The organic acids synthesized by the PSB act directly in the acidification, chelation, precipitation and oxide-reduction reactions in the rhizosphere. Gluconic acid is the organic acid more frequent in the mineral phosphate solubilization process in the soil, however acid 2-ketogluconic is the most efficient. Although the phosphate solubilization in culture medium has been correlated with an increase in the synthesis of 2-ketogluconic acid, some studies have demonstrated that this correlation not necessarily occurs. Finally, it seems that alkaline phosphatases exhibit higher activity than the acid ones, and *Burkholderia* species are the more efficient PSB.

Key words: Phosphate solubilizing bacteria, organic acids, phosphatases

Introducción

El fósforo (P) es uno de los nutrimentos esenciales para el desarrollo de las plantas y se encuentra en baja disponibilidad (0.1 y 1 Kg por hectárea) en muchos suelos agrícolas (Troeh y Thompson, 1993). Los bajos niveles de este nutriente se deben a que el fósforo soluble reacciona con iones como el calcio, el hierro o

el aluminio que conllevan a su precipitación o fijación, disminuyendo así su disponibilidad para las plantas (Rodríguez y Fraga, 1999).

Resulta interesante el hecho de que el fósforo orgánico está presente en el suelo en más altas concentraciones que el fosfato inorgánico (Hayes *et al.*, 2000). El fósforo orgánico comprende entre el 20 y el 80 % del total presente en el suelo (Núñez, 2009). Las formas orgánicas del P en el suelo son principalmente los fitatos, ácidos nucleicos y fosfolípidos.

Por otra parte, el pH es el principal factor que determina la naturaleza y predominancia de los minerales fosfatados del suelo. Así, en suelos neutros o alcalinos la mayor proporción de fosfato se encuentra asociado al calcio.

Cuando se utilizan enmiendas cálcicas se fija el fósforo como fosfato tricálcico. Las adiciones sistemáticas y elevadas de fertilizantes fosforados al suelo, van saturando su capacidad de fijación de fósforo, fijando cada vez más lentamente y en menor proporción el fósforo agregado.

Debido a lo descrito anteriormente, menos del 5% de fósforo está disponible para la planta, por lo que una alternativa promisoriosa, como el uso de microorganismos del suelo, podría favorecer la asimilación de este elemento (Torriani-Gorinni, 1994).

Transformación microbiana del fosfato orgánico e inorgánico del suelo

La mineralización es el proceso mediante el cual se lleva a cabo la degradación completa de un compuesto en sus constituyentes minerales. Así, la solubilización del fosfato orgánico también es conocida como mineralización del fosfato orgánico. El fosfato orgánico puede mineralizarse en el suelo a través de la actividad de tres grupos de enzimas: las fosfatasas ácidas, fosfatasas alcalinas y las fitasas. Parece que las más activas, o por lo menos las más estudiadas son las fosfatasas ácidas y las fitasas. En el proceso de mineralización, el fósforo orgánico es defosforilado por las fosfatasas para luego ser asimilado por las plantas. Las fosfatasas de la rizósfera son exudadas por las plantas o por los microorganismos del suelo, por ejemplo, las bacterias que mineralizan el fosfato orgánico (Tarafdar y Junk, 1987; Pradel y Boquet, 1988).

La degradabilidad de los compuestos fosforados orgánicos depende principalmente de la fisicoquímica y de las propiedades bioquímicas de las moléculas. Por ejemplo, los ácidos nucleicos, los fosfolípidos y los fosfatos de azúcar se rompen fácilmente; pero el ácido fítico y los polifosfatos se descomponen más lentamente (Ohtake *et al.*, 1996).

El conocimiento sobre los microorganismos solubilizadores de fosfato (MSP) ha incrementado recientemente de forma significativa. Entre los MSP se encuentran las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal o PGPRs (del inglés Plant Growth Promotion Rhizobacteria). Este grupo de bacterias comprende especies de vida libre del suelo, las cuales son capaces de adaptarse, colonizar y persistir en la rizósfera de la planta y favorecer su crecimiento y desarrollo (Bashan, 1998).

Se ha documentado que especies bacterianas como *Bacillus megaterium*, *Bacillus mesentericus* y *Pseudomonas putida* son capaces de solubilizar formas orgánicas del fósforo (ortofosfato) y transformarlas en fosfatos asimilables para las plantas (Rodríguez *et al.*, 2001).

Varios estudios han determinado la capacidad de los distintos géneros bacterianos para solubilizar compuestos insolubles de fosfato inorgánico, como el fosfato tricálcico, fosfato dicálcico, hidroxapatita y roca fosfórica mediante la producción de ácidos orgánicos (Rodríguez y Fraga, 1999). Los géneros bacterianos con mayor capacidad para producir ácidos orgánicos son: *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Agrobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* y *Erwinia* (Trivedi y Sat, 2008).

Los fosfatos inorgánicos aplicados como fertilizantes químicos también son inmovilizados en el suelo y como consecuencia no son solubles para ser aprovechados por los cultivos (Peix *et al.*, 2004). Por lo tanto, se considera que la solubilización de distintas rocas fosfatadas y de otras fuentes de fósforo inorgánico por los microorganismos del suelo es una alternativa fundamental para incrementar la cantidad de nutrimento disponible para las plantas (Illmer y Schinner, 1992).

El fósforo mineral se solubiliza mediante la quelación, la reducción del hierro y la acidificación. Generalmente, se acepta que el mecanismo principal de solubilización de fosfato mineral corresponde a la

acción de los ácidos orgánicos sintetizados por los microorganismos de la rizosfera. Así, la síntesis de ácidos orgánicos de bajo peso molecular por las bacterias solubilizadoras de fosfato, es de gran importancia como mecanismo de movilización del P del suelo.

Ácidos orgánicos producidos por las rizobacterias

Los ácidos orgánicos o ácidos carboxílicos son compuestos de bajo peso molecular que poseen uno o más grupos carboxilo. Dependiendo de las propiedades de disociación y el número de grupos carboxilo, los ácidos orgánicos presentan carga negativa, por lo que pueden formar complejos con cationes metálicos en solución y desplazar aniones de la solución del suelo (Stevenson, 1967; Sagoe *et al.*, 1998). Los ácidos orgánicos provienen del metabolismo de compuestos de alto peso molecular, como carbohidratos, péptidos y lípidos (Baziramakenga *et al.*, 1995). Los ácidos orgánicos juegan un papel determinante en el ciclo biológico de nutrientes en los sistemas agrícolas y los ecosistemas forestales. Los ácidos orgánicos son sustancias polares y son capaces de formar puentes de hidrógeno entre sí y con el agua.

La mayoría de los ácidos orgánicos producidos por las BSPs son alifáticos, es decir, son ácidos no aromáticos (Figura 1).

La producción de ácidos orgánicos por las BSPs tiene acción directa en la acidificación, quelación, precipitación y las reacciones de óxido-reducción en la rizósfera (Kucey *et al.*, 1989). Son importantes los ácidos orgánicos en la agricultura porque forman complejos con metales, solubilizan metales y participan en su transporte (Fuentes-Ramírez *et al.*, 1999; Jones *et al.*, 2003). Ácidos como el oxálico, cítrico, láctico, tartárico y 2-cetoglucónico tienen propiedades quelantes y solubilizadoras sobre los metales (Babu-Khan *et al.*, 1995). La acción de los ácidos orgánicos en la solubilización de minerales puede atribuirse a que disminuyen el pH y, más aún, a la formación de complejos estables con Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} y Al^{3+} . Reacciones similares ocurren al prevenir la fijación de fosfatos añadidos al suelo como fertilizantes. Se ha demostrado que los ácidos orgánicos reducen la precipitación de fosfato por el hierro y el aluminio (Stevenson, 1967; Moghimi y Tate, 1978; Illmer *et al.*, 1995).



Figura 1. Ácidos orgánicos alifáticos producidos por bacterias solubilizadoras de fosfato

En estudios con ácidos alifáticos, los ácidos tricarbónicos (por ejemplo, el ácido cítrico) forman quelatos más estables que los ácidos dibásicos (málico y tartárico). Pero menos estables son aún los quelatos conocidos como α -hidroxi monobásicos. Algunos ácidos dibásicos alifáticos derivados de alcoholes forman complejos más fuertes y los compuestos α -hidroxi son más efectivos que los derivados α -hidroxi para la quelación del calcio.

Struthers y Sieling (1959) observaron que la efectividad de los ácidos orgánicos para prevenir la precipitación de fosfatos por el hierro y el aluminio se incrementa progresivamente con el número de grupos hidroxilo, debido a la formación de complejos más estables con el Fe y Al, y por lo tanto más efectivos. Los derivados hidroxilo se consideran más efectivos en el ataque al fosfato férrico que sus similares no sustituidos (Figura 2). El ácido que produce la mayoría de bacterias es el ácido láctico. Los hidroxiaácidos se consideran mejores para disolver la apatita que los ácidos volátiles, debido a que forman quelatos con el calcio (Gyaneshwar *et al.*, 1998).

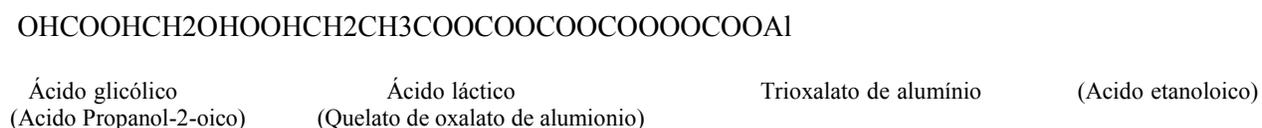


Figura 2. Hidroxiaácidos producidos por bacterias solubilizadores de fosfato

La producción de ácidos orgánicos da como resultado la acidificación de la célula microbiana y sus alrededores (Toro *et al.*, 1997). El ácido glucónico parece ser el agente más frecuente para la solubilización de fosfato mineral, pero algunos estudios han demostrado que el más eficiente es el ácido 2-cetoglucónico (Goldstein *et al.*, 2003). Las cepas de *Bacillus* pueden producir mezclas de ácido láctico, isovalérico, isobutírico y acético. Otros ácidos como el ácido glicólico, oxálico, malónico y ácido succínico, también son eficientes en la solubilización de fosfato (Rodríguez y Fraga, 1999).

El uso de los MSP no es nuevo. Sackett *et al.* (1908) reportaron por primera vez aspectos relacionados con este tópico. Sin embargo, actualmente las investigaciones sobre las BSP están dirigidas a conocer las bases bioquímicas y genéticas de la actividad de estas bacterias.

Bioquímica de la solubilización del fosfato por medio de los ácidos orgánicos

Como se ha mencionado anteriormente, la solubilización del fosfato, a través los ácidos orgánicos, depende del pH y la mineralogía del suelo. Básicamente, existen dos mecanismos de solubilización. El primero consiste en el intercambio de los H⁺ provenientes, por ejemplo del citrato, por el P ligado a la superficie de los cristales de Al(OH)₃ o Fe(OH)₃ reduciéndolos y liberando de esta forma al P (Andrews, 1990; Halder *et al.*, 1990). El segundo mecanismo depende de la concentración de los ácidos orgánicos producidos por las BSPs, el cual involucra la formación de complejos con iones de metales provenientes de la roca fosfórica (Singh y Amberger, 1998b).

La enorme cantidad de rutas metabólicas bacterianas generadoras de ácidos orgánicos ha hecho imposible el desarrollo de un conocimiento unificado sobre la solubilización del fosfato vía microbiana.

Illmer y Schinner (1995) sugieren que los ácidos orgánicos producidos por las BSPs no son determinantes para la solubilización, argumentando que el único factor determinante para la solubilización de P es la concentración de H⁺ que se producen de la respiración o la asimilación de NH₄⁺.

Un gran número de rizobacterias Gram negativas solubilizan el fosfato usando la glucosa como fuente de carbono (Goldstein *et al.*, 2003). Entonces, las bacterias que posean la ruta de oxidación directa de la glucosa tienen la habilidad de disolver los fosfatos. Estas bacterias han sido designadas fenotípicamente como MSP⁺. Las bacterias de MSP⁺ pueden disolver los fosfatos muy insolubles, como la roca fosfórica (fluoroapatita), debido al pH sumamente bajo de los productos de oxidación de la glucosa: ácido glucónico y ácido 2-cetoglucónico; con valores de pH de ~3.4 y de ~2.6, respectivamente.

Debido a que estos ácidos se sintetizan en el espacio periplásmico, los protones son eficazmente liberados en el medio extracelular de la rizósfera. Las especies de MSP⁺ no sólo tienen los genes de la oxidación directa, sino que también expresan la ruta metabólica a un nivel alto, por lo que se presenta una correlación directa entre la producción de ácidos y la disolución de fosfatos.

También es de interés notar que bajas concentraciones de P pueden inducir la ruta de oxidación directa en algunas especies. Babu-Kan *et al.* (1995) sugieren la existencia de una relación entre las BSPs Gram negativas muy eficaces y la expresión de la ruta de la oxidación directa de glucosa. La oxidación directa es una de las cuatro rutas metabólicas para la utilización de glucosa por las bacterias. Para muchas especies bacterianas, la ruta de oxidación directa es el mecanismo primario para la utilización de aldosas. La primera oxidación es catalizada por la quinoproteína glucosa deshidrogenasa (PQQGDH), así llamada porque pertenece al grupo de enzimas bacterianas que utilizan el cofactor quinónico PQQ (Pyrrolquinoleina Quinona). La PQQGDH transfiere dos electrones directamente de las aldosas a la ubiquinona en la membrana plasmática, donde ocurren dos oxidaciones que generan protones y que están mediadas por el cofactor PQQ. La oxidación directa de glucosa al ácido glucónico genera un protón transmembranal que puede usarse para la bioenergética y funciones de transporte de la membrana, mientras el protón del ácido glucónico está disponible para la solubilización de fosfatos. Las bacterias que producen ácido 2-cetoglucónico, normalmente llevan a cabo la segunda oxidación del ácido glucónico periplásmico a 2-cetoglucónico (Liu *et al.*, 1992).

El proceso de solubilización de fosfato no se ha estudiado completamente. Algunos trabajos indican que ciertos elementos minerales juegan un papel importante en este proceso. Así, es necesaria una concentración de K crítica (concentración mínima necesaria) para la solubilización óptima, mientras que

la concentración de Mg y Na parecen ser importantes solo en algunos hongos (Beever y Burns, 1980) pero no en bacterias como *Pseudomonas* (Illmer y Shinner, 1992).

Es entendible que los microorganismos pueden relacionarse entre sí, dando lugar en muchos casos a interacciones sinérgicas que favorezcan la nutrición de la planta e incrementen su rendimiento. Un ejemplo de este sinergismo lo constituye la interacción entre las micorrizas y los microorganismos solubilizadores de fosfato (Toro *et al.*, 1997). Los fosfatos de calcio son disueltos por la acidificación, por consiguiente, cualquier bacteria que acidifique puede ser considerada como un MSP.

Se han adjudicado a los ácidos orgánicos muchas funciones en el suelo, incluso la adquisición de nutrientes por la raíz, la solubilización mineral, quimiotaxis microbiana y la detoxificación de metales (Jones *et al.*, 2003). Sin embargo, su papel en la mayoría de estos procesos sigue siendo desconocido, debido a la falta de evidencias experimentales que expliquen las reacciones de los ácidos orgánicos en el suelo (Singh y Amberger, 1998; Jones *et al.*, 2003).

Bioquímica de la solubilización del fosfato por medio de enzimas fosfatasa

El nombre genérico de fosfatasa fue usado para describir un grupo de enzimas que cataliza la hidrólisis de ésteres y anhídros de ácido fosfórico (Murphy y Kantrowitz, 1994). Las fosfatasa alcalinas predominan en suelos alcalinos y las fosfatasa ácidas en suelos ácidos (Eivazi y Tabatabai, 1977). Las fosfatasa son introducidas al suelo por exudación activa, fuga o lisis celular (Tadano y Sakai, 1991). Esta actividad la producen tres componentes de la rizósfera del suelo (Tarafdar y Jungk, 1987), las raíces de las plantas (Luan, 2003), hongos como los ectomicorrizicos (Yadav y Tarafdar, 2007) y las bacterias (Sakurai *et al.*, 2008). Las plantas producen fosfatasa ácidas, las bacterias y hongos producen fosfatasa ácidas y alcalinas (Eivazi y Tabatabai, 1977).

Las bacterias producen fosfatasa para hidrolizar ésteres de fosfato cuando el Pi es limitado, esto es crucial para la supervivencia de las bacterias en el suelo, debido a que ellas no pueden sintetizar fosfato (Prada *et al.*, 1996; Casanova *et al.*, 2002). Dado que los microorganismos pueden enfrentar una intensa competencia por el fósforo del suelo, es probable que muchos organismos produzcan fosfatasa y desarrollan mecanismos para la regulación de su síntesis y actividad. Adicionalmente, es sorprendente la diversidad de fosfatasa que existen en el suelo (Prada *et al.*, 1996).

Las bacterias de los géneros *Burkholderia*, *Pseudomonas* y *Pantoea*, son bacterias productoras de fosfatasa y de sustancias reguladoras del crecimiento, por lo que ejercen un efecto benéfico en las plantas con las cuales interactúan. Paredes-Mendoza *et al.* (2011) evaluaron *in vitro* el potencial de las bacterias aisladas de la raíz y rizoplaneo de gramíneas para la producción de fosfatasa ácidas y alcalinas extracelulares e intracelulares. Las fosfatasa alcalinas mostraron mayor actividad que las ácidas, y las especies de *Burkholderia* fueron las más eficientes en su producción. La bacteria *Burkholderia cepacia* MC25 aislada de maíz azul fue la que presentó mayor capacidad de producir fosfatasa intra y extracelular alcalina (172.5 y 106 $\mu\text{mol.pml}^{-1}\text{d}^{-1}$, respectivamente). Solo dos de las cepas aisladas produjeron ácido indol acético, *Burkholderia cepacia* RT12 aislada del trigo y *Pantoea spp* AVN aislada de la avena. Sin embargo, todos los aislamientos fueron capaces de oxidar el gluconato a ácido 2-cetoglucónico, considerado uno de los ácidos responsable de la solubilización de fosfato mineral.

Conclusiones

La rizobacterias Gram negativas solubilizan fosfato usando glucosa como fuente de carbono, por lo tanto, las bacterias que posean la ruta de oxidación directa de la glucosa tendrán la habilidad de disolver los fosfatos.

La acción de los ácidos orgánicos en la solubilización de minerales puede atribuirse a que disminuyen el pH y, más aún, a la formación de complejos estables con Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} y Al^{3+} .

La mayoría de los ácidos orgánicos producidos por las BSPs son alifáticos, es decir, son ácidos no aromáticos.

El ácido glucónico parece ser el agente más frecuente para la solubilización de fosfato mineral, pero algunos estudios han demostrado que el más eficiente es el ácido 2-cetoglucónico

Las bacterias producen fosfatasas para hidrolizar ester de fosfato cuando el Pi es limitado, este hecho es vital para las bacterias del suelo, debido a que éstas no pueden sintetizar fosfato.

Las fosfatasas alcalinas presentan mayor actividad que las ácidas, y las especies de *Burkholderia* son las bacterias más eficientes en su producción.

Literatura Citada

- Andrews, G. F. 1990. Large-scale bioprocessing of solids. *Biotechnol. Prog.* 6: 225-230.
- Babu-Khan, S., T. C. Yeo, W. L. Martin, M. R. Duron, R. D. Rogers, and A.H. Goldstein. 1995. Cloning of a mineral phosphate solubilizing gene from *Pseudomonas cepacia*. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 972-978.
- Bashan, Y. 1998. Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnol. Adv.* 16: 729-770.
- Baziramakenga, R., R. R. Simard, and G. D. Leroux. 1995. Determination of organic acids in soil extracts by ion chromatography. *Soil Biol. Biochem.* 27: 349-356.
- Beever, R. E. and D. J. Burns. 1980. Phosphorus uptake, storage and utilization by fungi. *Adv. Bot. Res.* 8: 127-219.
- Casanova, E., A. M. Salas, M. Toro. 2002. The use of nuclear and related techniques for evaluating the agronomic effectiveness of phosphate fertilizers, in particular rock phosphate, in Venezuela: initial available P and its changes in soils amended with rock phosphate. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 63:13-20.
- Eivazi, H., and M. A. Tabatabai. 1977. Phosphatases in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 9: 167-172.
- Fuentes-Ramírez, L. E., J. Caballero-Mellado, J. Sepúlveda y E. Martínez-Romero. 1999. Colonization of sugarcane by *Acetobacter diazotrophicus* is inhibited by high N-fertilization. *FEMS Microbiol. Ecol.* 29: 117-128.
- Goldstein, A., T. Lester, and J. Brown. 2003. Research on the metabolic engineering of the direct oxidation pathway for extraction of phosphate from ore has generated preliminary evidence for PQQ biosynthesis in *Escherichia coli* as well as a possible role for the highly conserved region of quinoprotein dehydrogenases. *Biochim. Biophys. Acta Proteins and Proteomics* 1647: 266-271.
- Gyaneshwar, P., G. N. Kumar, and L. J. Parekh. 1998. Effect of buffering on the phosphate-solubilizing ability of microorganisms. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 14: 669-673.
- Halder, A. K., A. K. Mishra, P. Bhattacharya, and P. K. Chakrabarty. 1990. Solubilization of rock phosphate by *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 36: 81-92.
- Hayes, J.E., Richardson, A.E., Simpson, R.J. 2000. Components of organic phosphorus in soil extracts that are hydrolysed by phytase and acid phosphatase. *Biology and Fertility of Soils* 32:279-286.
- Illmer, P., A. Barbato and F. Schinner. 1995. Solubilization of hardly soluble $AlPO_4$ with P-solubilizing microorganisms. *Soil Biol. Biochem.* 27: 265-270.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphates by microorganisms isolated from forest soil. *Soil Biol. Biochem.* 24: 389-395.
- Illmer, P. and F. Schinner. 1995. Solubilization of inorganic calcium phosphates solubilization mechanisms. *Soil Biol. Biochem.* 27:257-263.
- Jones, D. L., P. G. Dennis, A. G. Owen, and P. A. W. van Hess. 2003. Organic acid behavior in soils-misconceptions and knowledge gaps. *Plant Soil* 248: 31-41.
- Kucey, R. M. N, H. H. Janzen, and M. E. Leggett. 1989. Microbially mediated increases in plant-available phosphorus. *Adv. Agron.* 42: 199-228.
- Liu, T. S., L. Y. Lee, C. Y. Tai, C. H. Hung, Y. S. Chang, J. H. Wolfram, R. Rogers, and A. H. Goldstein. 1992. Cloning of an *Erwinia herbicola* gene necessary for gluconic acid production and enhanced mineral phosphate solubilization in *Escherichia coli* HB101: nucleotide sequence and probable involvement in biosynthesis of the coenzyme pyrroloquinoline quinone. *J. Bacteriol.* 174: 5814-5819.
- Luan, S. 2003. Protein phosphatases in plants. *Annu. Rev. Plant Biol.* 54, 63-92.
- Moghimi, A. and E. Tate. 1978. Does 2-ketogluconic chelate calcium in the pH range 2.4 to 6.4? *Soil Biol. Biochem.* 10: 289-292.

- Murphy, J. E., and E. R. Kantrowitz. 1994. Why are mammalian alkaline phosphatases much more active than bacterial alkaline phosphatases? *Mol Microbiol* 12: 351–357.
- Núñez, E.R. 2009. El suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos. *In: Nutrición de cultivos*. Alcantar González G. y Trejo-Téllez, L. (Editores). CP-Mundiprensa: 93-157.
- Ohtake, H., H. Wu, K. Imazu, Y. Anbe, J. Kato, and A. Kuroda. 1996. Bacterial phosphonate degradation, phosphite oxidation and polyphosphate accumulation. *Resour. Conserv. Recy.* 18:125-134.
- Paredes-Mendoza, M., Espinosa-Victoria, D., Zavaleta-Mancera, A. 2011. Producción *in vitro* de ácidos orgánicos por bacterias solubilizadoras de roca fosfórica (fluoroapatita). In press.
- Peix, A., R. Rivas, I. Santa-Regina, P. F. Mateos, E. Martínez-Molina, C. Rodríguez-Barrueco, and E. Velázquez. 2004. *Pseudomonas lutea* sp. nov., a novel phosphate-solubilizing bacterium isolated from the rhizosphere of grasses. *Int. J. Syst.Evol. Microbiol.* 54: 847-850.
- Prada, P., J. Loveland-Curtze, J. E. Brenchley. 1996. Production of two extracellular alkaline phosphatases by a psychrophilic arthrobacter strain. *Appl Environ Microbiol* 62(10):3732-8.
- Pradel, E. and P. L. Boquet. 1988. Acid phosphatases of *Escherichia coli*: molecular cloning and analysis of *agp*, the structural gene for the periplasmic acid glucose phosphatase. *J Bacteriol* 170: 4916–4923.
- Rodríguez, H., T. Gonzalez, and G. Selman. 2001. Expression of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola* in two rhizobacterial strains. *J. Biotechnol.* 84: 155-161.
- Rodríguez, H. and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnol. Adv.* 17:319-339. Rodríguez, H., T. Gonzalez, and G. Selman. 2001. Expression of a mineral phosphate solubilizing gene from *Erwinia herbicola* in two rhizobacterial strains. *J. Biotechnol.* 84: 155-161.
- Sackett, W. G., A. J. Patter, and C. W. Brown. 1908. The solvent action of soil bacteria upon the insoluble phosphates of raw bone meal and natural raw rock phosphates. *Zbl. Bacteriol* 28:228.
- Sagoe, C. I., T. Ando, K. Kouno, and T. Nagaoka. 1998. Effects of organic-acid treatment of phosphate rocks on the phosphorus availability to Italian ryegrass. *Soil Sci. Plant Nutr.* 43:1067-1072.
- Sakurai, M., J. Wasaki, Y. Tomisawa, T. Shinato, and M. Osaki. 2008. Analysis of bacterial communities on alkaline phosphatase genes in soil supplied with organic matter. *Soil Science Plant Nutrition* 54: 62–71.
- Singh, C. P. and A. Amberger. 1998. Solubilization of rock phosphate by humic and fulvic acids extracted from straw compost. *Agrochimica* 41: 221-228.
- Stevenson, F. J. 1967. Organic acids in soil. pp. 119-146. *In: A. D. McLaren and G. H. Peterson. (eds). Soil Biochemistry.* Marcel Dekker. New York, NY, USA.
- Struthers, P. H. and D. H. Sieling. 1959. Effects of organic anions on phosphate precipitation by iron and aluminum as influenced by pH. *Soil Sci.* 69: 205-213.
- Tadano, T., and H. Sakai. 1991. Secretion of acid phosphatase by the roots of several crop species under phosphorus- deficient conditions. *Soil. Sci. Plant Nutr.* 37:129-140.
- Tarafdar, J. C., and A. Jungk. 1987. Phosphatase activity in the rhizosphere and its relation on the depletion of soil organic phosphorus. *Biol Fert Soils* 3:199-204.
- Toro, M., R. Azcon, and J. M. Barea. 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (32P) and nutrient cycling. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 4408-4412.
- Torriani-Gorini, A. 1994. Regulation of phosphate metabolism and transport. pp. 1-4. *In: A. Torriani-Gorini, E. Yagil, and S. Silver (eds). Phosphate in microorganisms: Cellular and Molecular Biology.* ASM Press. Washington, DC, USA.
- Trivedi, P. and T. Sat. 2008. *Pseudomonas corrugata* (NRRL B-30409) mutants increased phosphate solubilization, organic acid production, and plant growth at lower temperatures. *Curr. Microbiol.* 56: 140-144.
- Troeh, F. R., and L. M. Thompson. 1993. *Soils and Soil Fertility*, 5th ed. New York: Oxford University Press, 1993.
- Yadav, B. K., J. C. Tarafdar. 2007. Availability of unavailable phosphate compounds as a phosphorus source for clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.) through the activity of phosphatase and phytase produced by actinomycetes. *Journal of Arid Legumes* 4:110-111.

SALES, HUMUS Y POLISACARIDOS EN HUMEDALES

Galicia Palacios María del Socorro¹, García Calderón Norma Eugenia²

Laboratorio de Edafología –Nicolás Aguilera” Facultad de Ciencias UNAM¹ E mail: maryso57@yahoo.com.mx
UMDI Facultad de Ciencias, UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro 76230²

Resumen

Los humedales almacenan cantidades importantes de carbono debido a la descomposición lenta de la materia orgánica por limitaciones de oxígeno y condiciones de inundación. El objetivo fue investigar la evolución del carbono en estos suelos y como participa la salinidad en el contenido de carbohidratos presentes. Se trabajo con muestras de Casitas Veracruz, Laguna Toro (Xochimilco D.F), San Salvador (Hidalgo), Montecillos (Edo. de México) y Espadañal (Pantanos de Centla, Tabasco), se determino el C total, N total, contenido de carbono de las sustancias húmicas (AH, AF y Huminas) y contenido de carbono en los polisacáridos. Los suelos de la laguna del Toro son salinos, los de San Salvador y Montecillos son suelos salino sódicos, el mayor contenido de carbono esta en las fracciones poco evolucionadas (MOL y AF) y en las Huminas. La distribución del carbono de estas fracciones mostró el siguiente orden, suelos de Espadañal >Laguna del Toro > San Salvador. El carbono de los fracción de AH es más alto en Casitas, Ver.>Laguna del Toro Xoch > Espadañal Tabasco. La relación E_4/E_6 es baja para los AH de los suelos de la Laguna del Toro Xoch, lo que indica mayor evolución por su aromaticidad y condensación, los demás suelos tienen relaciones E_4/E_6 muy altas e indica menor evolución del humus. Se concluye que los AH son poco evolucionados en los suelos con alta salinidad y sodicidad. El contenido de C (glucosa) es alto y tiene la siguiente relación: suelos de Laguna del Toro > Casitas > Espadañal.

Abstracts

The wetland store quantity important of carbon that is due at that the decomposition is very little of organic matter for the reduction of oxygen due and the condition of inundation. The objective of investigates the carbon evolution in that soil, and as participation the salinity in the content of carbohydrates presents. Work with soils samples of Casitas Veracruz states, Lagoon of bull (Xochimilco Mexico City), Saint Salvatore (Hidalgo state), Montecillos (Mexico state) and Espadañal (Marsh of Centla, Tabasco state), itself evaluated the total carbon, total nitrogen, the carbon content of the humic substances (AH, AF and Huminas) and the carbon content in the polysaccharides. The saline soil of the lagoon of bull, saline sodic soils Saint Salvatore and Montecillos, the major content of carbon this in the fraction with few evolutions (MOL and AF) and in the Huminas. The distribution of carbon of fractions with the following order: espadañal soil > lagoon of bull > Saint Salvatore. Carbon of the fraction AH major presents in casitas Ver > lagoon of bull Xoch > espadañal. Tabasco. The relation E_4/E_6 is lower for the AH of the soil of the lagoon of bull with major evolution, greater aromatic and condensates, the other soils lower evolution for bigger salinity and sodicity. The C (glucose) content is high for the soils of lagoon of bull > casitas > espadañal.

Palabras clave: *Ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas y polisacáridos*

Introducción

Los humedales cubren el 6% de la superficie terrestre y son uno de los ecosistemas más productivos del mundo, mantienen 40% de las especies de peces y aves acuáticas, son zonas cubiertas con agua, natural o artificial, permanente o temporal, estancada o corriente, dulce, salobre o salada, son de los ecosistemas más amenazados, debido a su transformación, desarrollo y contaminación. Un humedal se forma de tres elementos: agua, suelos hídricos y diferentes tipos de vegetación hidrófila asociada al cuerpo de agua. Hay cinco tipos de humedales principales Marinos (costeros, lagunas costeras). Estuarios (deltas, marismas de marea y manglares). Lacustres (lagos). Ribereños (ríos y arroyos). Palustres (pantanos y ciénagas). La gran riqueza y diversidad de los componentes bióticos y abióticos de los humedales hacen que se encuentren entre los ecosistemas más complejos y productivos del planeta, son importantes en la

conservación de la biodiversidad y en el desarrollo económico (Conanp 2003). Los microorganismos desempeñan un papel básico en los suelos, son responsables del estado de la descomposición de la materia orgánica y su fertilidad, interviniendo en los ciclos biogeoquímicos, responden con gran rapidez a las alteraciones y condiciones de stress causadas en el suelo por las actividades antropicas. Para conocer la evolución de la materia orgánica en los humedales se recomienda determinar las fracciones de carbono de la materia orgánica libre, carbono soluble, carbono de ácidos húmicos, carbono de ácidos fúlvicos y carbono de las huminas. A principio de los 80' se reconocen los humedales como una fuente importante de carbono, en estos ecosistemas se remueve el CO₂ de la atmosfera y se almacena el C en el suelos donde la descomposición es inhibida por la reducción del oxígeno debido al exceso de agua. En México existen grandes extensiones de humedales importantes que participan en la regulación biológica de ciertas especies de animales, marismas, pantanos, ciénega y chinampas. Aguirre (2007). Los carbohidratos representan alrededor del 5 al 25 % del carbono orgánico total del suelo, están compuestos principalmente de azúcares, hemicelulosas y celulosas. La mayoría son fácilmente biodegradables y tienen una vida corta en el suelo. El mayor contenido de carbohidratos está en los horizontes superficiales ricos en materia orgánica. Los polisacáridos contribuyen hasta con más del 90 % del total de los carbohidratos y son importantes ya que contribuyen a la estabilidad de la estructura del suelo en combinación con las raíces, hifas de hongos y sustancias húmicas: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas. Los carbohidratos forman enlaces con minerales dentro de los agregados estables y forman complejos con iones metálicos. Los ácidos urónicos (ácido glucouronico y ácido galacturonico) son importantes porque tienen grupos COOH con cargas negativas que contribuyen a la capacidad de intercambio catiónico (Stevenson 1994).

Objetivo

Determinar la salinidad ó sodicidad en algunos suelos de humedales y conocer la distribución del contenido de carbono total del suelo, carbono soluble y carbono de las fracciones de la materia orgánica (materia orgánica libre, carbono de los ácidos fúlvicos, carbono de ácidos húmicos y carbono de las huminas) así como el contenido de carbohidratos.

Método

Los sitios de estudio se encuentran ubicados a 19° 12' 30" LN y 96° 07' 59" LW (casitas Veracruz), 19° 15' 47" de LN y 99° 06' 11" de LW (Xochimilco; Laguna del Toro y Canal de Chalco), 21° 24' LN y 97° 58' LW (San Salvador Hidalgo), 19° 24' LN y 98° 41' LW (Montecillos Texcoco), 17° 18' 39" LN y 91° 09' 17" LW (Espadañal, Pantano de Centla Tabasco). Se seleccionaron sitios representativos y contrastantes en cuanto al contenido de sales solubles, nivel freático y contenido de materia orgánica. En cada sitio se tomaron 5 muestras superficiales de 0 a 20 cm ubicadas dentro de un cuadrante de 25 x 25 m, se hizo un perfil en el centro. A los suelos se les determinó pH con agua en relación 1:2.5 y 1:5 solo para suelos de la laguna del toro y espadañal, contenido de Carbono total (Ct), por el método de Walkley y Black, Nitrógeno total (Nt) método de Kjeldahl, conductividad eléctrica (C.E), carbonatos (CO₃⁻²), bicarbonatos (HCO₃⁻), cloruros (Cl⁻) y sulfatos (SO₄⁻²). Ca⁺², Mg⁺², Na⁺ y K⁺ solubles por el método del versenato y flamometría van Reeuwijk (2002). Todas las determinaciones se hicieron por triplicado. Se extrajeron las sustancias húmicas por el método de Dabin (1972), con pirofosfato y hidróxido de sodio. Una vez purificados los AH se determino el coeficiente de extinción óptica y el espectro visible, de 450 hasta 726 nm y se trazaron las curvas de densidad óptica, se trabajo con un espectrofotómetro PYE UNICAM 8600 UV/VIS para determinar la relación E₄/E₆. La determinación de los polisacáridos se realizo por el método de Brink *et al*/(1960), a través de hidrólisis de la muestra, se leyó a 625 nm de absorbancia en un espectrofotómetro Coleman Modelo 35.

Cuadro 1 Resultados de los análisis químicos del extracto de pasta de saturación

Profundidad cm	pH extra cto	C.E dS/m	Ca ⁺² cmol + L ⁻	Mg ⁺² cmol + L ⁻	Na ⁺ cmol + L ⁻	K ⁺ cmol + L ⁻	CO ₃ ⁻² cmol + L ⁻	HCO ₃ ⁻ cmol + L ⁻	Cl ⁻ cmol + L ⁻	SO ₄ ⁻² cmol + L ⁻
Laguna del Toro 0-20	7.66	7.71	15.76	38.3	4.42	1.65	n.d	9.80	43.0	0.08
Canal de Chalco 0-20	7.83	5.63	18.20	41.7	1.78	1.39	n.d	6.60	40.3	0.05
San Salvador Hidalgo 0-20	7.09	40.1	52.04	32.8	33.4	18.2	0.8	17.3	36.5	1.51
San Salvador Hidalgo 0-20	8.24	24.3	16.29	17.9	59.3	12.9	0.4	11.4	234	1.57
Montecillos 0-20	9.46	18.3	2.66	2.0	295	29.4	20.0	28.6	146	n.d

= contenido de CO₃⁻² no detectado por el método

En el cuadro 1 se observa que el pH y la (C.E) son muy altas y se encuentran en los suelos con pasto de S. Salvador Hidalgo con 40.1 y 24.3 dS/ con tule *typha latifolia*, los suelos de Montecillos tienen 18.3 dS/m, el contenido de carbonatos (CO₃⁻²) es muy bajo de 0.8 a 0.4, en los suelos de San Salvador, predominan los (CO₃⁻²), (HCO₃⁻) y Cl⁻ en los suelos de Montecillos con 20, 28.6 y 146 cmol+L⁻ respectivamente, el contenido de sulfatos (SO₄⁻²) para San Salvador es muy bajo con 1.51 - 1.57 cmol+L⁻. Las sales más frecuentes en los suelos de Laguna del Toro, San Salvador y Montecillos son: NaCl, CaCl₂, MgCl₂, hay altas concentraciones de NaHCO₃⁻ para Montecillos.

En el cuadro 2, los resultados indican que, el pH con agua es ácido de 5.19 para casitas Veracruz y espadañal Tabasco, alcalino para Laguna del Toro Xochimilco, S. Salvador y Montecillos Texcoco de 8.23 y 9.46 (Jones and Wolf 1984). Con respecto al carbono total (Ct) y nitrógeno total (Nt) los valores de casitas con 190g C/Kg y 9.8g N/kg que implica valores muy altos (Landon 1984).

Cuadro 2 Distribución del carbono en las diferentes fracciones húmicas.

Profundidadcm	pH H ₂ O 1:2.5	C _t g/Kg	N _t g/kg	C/N	MOL g/kg	Carbon o soluble g/kg	AF H ₃ PO g/kg	AF g/kg	AH g/kg	Humina s g/kg	AH/A F	Glucosa gC/kg
	5.19	190	9.8	19.8	12.9	8.0	13.6	26.8	73.3	12.4* 3.9	2.73	6.8**1.4 3
Laguna del Toro 0-7	7.66	164	7.23	14.4	8.76	3.39	1.26	22.5	67.8	60.29*3 6.2	3.00	14.0 **0.95
S. Salvador Hidalgo 0-5	7.06	97.0	5.5	9.78	3.39	1.14	4.73	23.8	41.8	22.14*2 2.8	1.75	0.97 **0.72
S. Salvador Hidalgo 0-10	8.23	86.1	5.3	16.2	8.09	0.35	1.51	23.2	37.7	15.25*1 7.1	1.62	1.05 **0.60
Montecillos 0-8	9.46	2.34	0.5	5.92	0.02	0.33	0.12	1.07	0.78	0.028*1. 96	0.73	1.47 **0.34
Espadañal 0- 25	5.1	316	13.1	19.7	50.3	1.71	2.67	38.3	53.3	169.7*5 3.7	1.39	4.8 **0.74

* = % de C con respecto al C_{total}

** = % de C de la glucosa con respecto al Ct

Para el espadañal con altos contenidos de C_t y N_t con 316 gC/kg y 13.1gN/kg y vegetación de *Typha latifolia*, Laguna del toro con 164 gC/kg y 7.23gN/kg con pasto *Cynodon dactylon*, S. Salvador Hidalgo con pastizal con valores de 97gC/kg y 5.5 gN/kg, la alta acumulación de C_t y N_t se atribuye a las condiciones permanentes de humedad en el Espadañal, Laguna del Toro y Casitas, S. Salvador, Montecillos con humedad de temporal. Los valores de N_t son muy altos en todos los suelos excepto para Montecillos con 0.5 g N/kg de suelo. Las relaciones C/N son muy altas en todos los suelos debido al alto contenido de carbono total y nitrógeno total, el contenido de carbono de la materia orgánica libre (MOL) que en realidad son los residuos de plantas y animales parcialmente descompuestos muestra valores muy altos en el Espadañal con 50.32 g C/kg de suelo y Laguna del Toro con 8.6 debido a la humedad excesiva que tienen estos suelos. El carbono soluble directamente aprovechable por los microorganismos se encuentra con valores muy altos, en Casitas con 8 g C/kg, Laguna del toro 3.39 y Espadañal con 1.71 g C/kg de suelo. El carbono de los AF de todos los suelos tienen la misma concentración a pesar de tener diferente pH y contenido de humedad, excepto para Montecillos que tiene un contenido muy bajo con 0.12 g C/kg de suelo. La concentración de carbono es más alta en los AH con 73.3g C/kg en Casitas Veracruz con pH ácido, la Laguna del Toro con 67.8 aunque tiene un pH alcalino este es amortiguado por el agua que rodea al suelo en forma permanente, se tiene menor concentración en S. Salvador y Montecillos debido al pH alcalino y poco agua que rodea al suelo por temporal. La mayor retención del carbono se localiza en las huminas del Espadañal con 169.7, Casitas con 121.4 g C/kg y Laguna del Toro con 69.29 g C/kg lo que se atribuye a la formación de complejos muy estables montorillonita-carbono principalmente en suelos de la laguna del Toro (García *et al* 1994). Las relaciones AH/AF más altas se encuentran en Laguna del Toro > Casitas > Espadañal, por el mayor contenido de AH en estos suelos. En la figura 1 se observa que las relaciones E_4/E_6 propuestas por Chen *et al* 1977 están relacionadas inversamente con el tamaño molecular de los AH, son muy altas para todos los suelos estudiados, la mayor evolución de las moléculas húmicas es para los suelos de la Laguna del Toro con valor de 3, a pesar que el suelo es salino y el pH alto que tiene influencia sobre el grado de condensación y aromaticidad de los AH. En todos los demás suelos estudiados las relaciones E_4/E_6 son muy altas lo que indica poca evolución de los AH debido al pH, contenido de sales principalmente cloruros y bicarbonatos de sodio y agua en exceso temporal ó permanente.

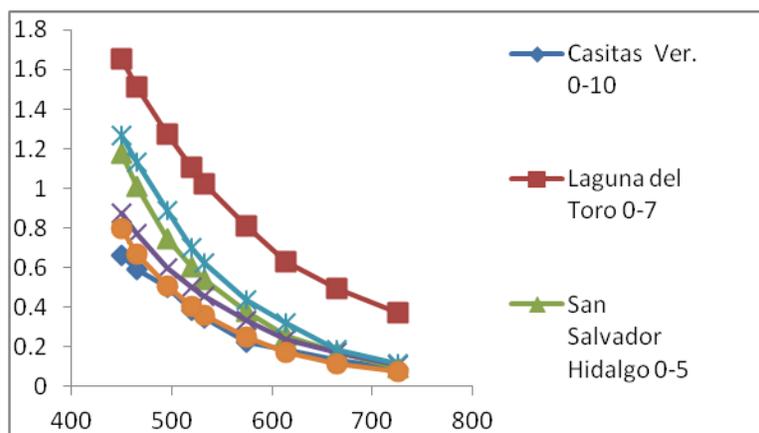


Figura 1 Espectro de absorción de los AH de los suelos estudiados

El contenido de glucosa se encuentra en mayor concentración en los suelos de la Laguna del Toro Xoch, con 14 gC/kg, Casitas Ver con 6.8 gC/kg y Espadañal Tabasco con 4.8 gC/kg, el % de carbono de la glucosa con respecto al carbono total en estos suelos es de 1.43 % para los suelos de las Casitas y para el resto de los suelos estudiados es < al 1 %.

Conclusiones

Los suelos de la Laguna del Toro y Canal de Chalco son salinos debido a que tienen una $C. E > 4$ dS/cm y un $pH < 8.5$, los suelos de San Salvador y Montecillos son salino sódico debido a que tienen una $C.E > 4$ dS/cm y un $pH < 8.5$.

Los mayores contenidos de C se encuentran en las fracciones poco evolucionadas (MOL y AF) y en la fracción más evolucionada de las huminas en los suelos y muestran el siguiente orden: Espadañal > Casitas > Laguna del Toro y San Salvador.

La fracción de carbono de los AH más evolucionada se encuentra en Casitas con valor 73.3 g C/kg, Laguna del Toro con 67.8 gC/kg y Espadañal 53.3gC/kg debido al pH ácido, contenido de carbono alto y vegetación de pastizal.

La relación E_4/E_6 de los AH con valor de 3 en el suelo de la laguna del toro Xoch, indica mayor evolución, aún cuando el suelo es salino y tiene pH alto y podría haber afectado el grado de condensación y aromaticidad. En todos los demás suelos la relaciones E_4/E_6 son muy altas por el predominio de estructuras alifáticas y menor condensación de los AH (poca evolución) que se atribuyó al pH y contenido de sales (cloruros y bicarbonatos de sodio) y al exceso de agua (temporal ó permanente).

El contenido de C (glucosa) en estos suelos se presentan en mayor concentración para los suelos de la laguna del toro con 14 gC/kg > las casitas con 6.8 gC/kg > espadañal con 4.8 gC/kg, debido al alto contenido de carbono, pH ácido y con pastizal, el % de C (glucosa) con respecto al carbono total del suelo en las casitas Ver es de 1.43 %, el resto de los suelos tienen < de 1 %.

Agradecimientos

A las Instituciones que Financiaron este trabajo a través de los proyectos Estructura y Funcionamiento de la Materia Orgánica en Suelos de Humedales: Importancia de los Almacenes de Carbono en los Ecosistemas Tropicales y Costeros. PAPITT IN224410 y Focos Rojos de Gases de Invernadero en México, Estructura y Funcionamiento de los Suelos Saturados de Humedad. SEP-CONACYT 23489.

Literatura Citada

- Brink R. H; P. Jr. Dubach and D. L Lynch 1960 Measurement of Carbohydrates in Soil Hydrolyzates with Anthrone. Soil Science, vol. 89 No 3, 157-166 pag.
- García C. N. E; M. S. Galicia P; N. Aguilera; L. Reyes. 1994. Organic Matter and Humic Sustances Contents in Chinampa Soils from Xochimilco-Tláhuac Areas, Mexico. In: Transactions 15th International Congress of Soil Science. Acapulco, Gro. 14-16 July. Vol. 3^a; 368-382 pp.
- van Reeuwijk L. P 2002 Procedures for Soil Analysis. ISRIC International Soil Reference and Information Centre Food and Agriculture Organization of the United Nations 80 pág.
- Stevenson F. J 1994 Humus Chemistry Genesis, Composition, Reaction Soil Carbohydrates cap.6 John Wiley & Sons, Inc.496 pag.

PROCESOS BIOQUÍMICOS DEL COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE ANTES DE INCORPORARLOS AL SUELO

Quintero Lizaola, Roberto

Colegio De Postgraduados En Ciencias Agrícolas, Postgrado En Edafología, Campus Estado De Mexico. Carretera Mexico Texcoco, Km 36.5, Montecillo, 56230, Municipio De Texcoco, Edo. De Mexico.
TEL.01 595 95 2 02 74, e-mail: quintero@colpos.mx

Palabras clave: *vermicompostaje, compostaje, microorganismos, actividad enzimática, sustancias húmicas.*

MICROBIOLOGÍA DE LOS PROCESOS DE COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE

Las grandes cantidades de materiales orgánicos originados de la actividad agrícola representan una fuente potencial de contaminación del agua, suelo y aire. Las transformaciones orgánicas por medio del lombricompost son una alternativa viable para que de esta manera dichos materiales adquieren un valor económico. El objetivo de este trabajo fue estudiar las poblaciones microbianas durante la actividad del lombricompostaje de *Eisenia andrei* Bouché en paja de avena generada de la producción de cuerpos fructificantes de hongos comestibles del género *Pleurotus*. Se observó una disminución notoria en el número de unidades formadoras de colonias (ufc) por gramo de lombricompost de bacterias (de 70.39×10^6 a 0.97×10^6). Actinomicetos (de 1.39×10^6 a 0.02×10^6) Y hongos (de 185.4×10^4 a 10.15×10^4) en las poblaciones microbianas a 23, 46, 69, 92 y 115 días después de inoculadas con lombrices. Las poblaciones microbianas del ciclo del carbono: celulolíticos de 90.63×10^5 a 7.84×10^5 lipolíticos de 155.07×10^6 a 1.21×10^6 , y los ligninolíticos de 72.29×10^5 a 0.45×10^5 del ciclo del nitrógeno: proteolíticos de 331.78×10^6 a 2.43×10^6 amonificantes de 128.65×10^6 a 1.78×10^6 . Nitrificantes de 24.32×10^5 a 0.11×10^5 (NO_2^- oxidantes) y 16.96×10^4 a 0.53×10^4 (NH_4^+ oxidantes). desnitrificantes de 575×10^5 a 0.40×10^5 y fijadores libres de nitrógeno de 221.88×10^6 a 1.70×10^6 : en los dos ciclos estudiados exhibieron una disminución muy significativa. La presencia de lombrices incrementaron las poblaciones del ciclo del nitrógeno pero inhibieron las del ciclo del carbono. Los resultados se explican con base en los hábitos alimenticios de las lombrices y las condiciones ambientales durante el proceso evaluativo.

ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN LOS PROCESOS DE COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE

Se estudió la influencia del tamaño de la paja de avena: molida (<2mm) y picada (<4mm) subproducto de cultivo comercial del hongo *Pleurotus ostreatus* en la dinámica enzimática en el proceso de compostaje y lombricompostaje. Se muestreó a 23, 46, 69, 92, 115 Y 148 días de la incorporación de lombrices (*Eisenia andrei*) en vermicompost comparados con sus compost correspondientes sin lombrices. En cada uno de los muestreos se midió la actividad enzimática: del ciclo del carbono (amilasa, celulasa, lipasa e invertasa) del ciclo del nitrógeno (proteasa, amidasa, ureasa y nitrogenasa) del ciclo del fósforo (fosfatasa ácida y la fosfatasa alcalina) y del ciclo del azufre (arilsulfatasa) y deshidrogenasa. Se observó que la actividad de las enzimas estudiadas fue más elevada en los tratamientos con lombrices comparada con aquella en los que no se aplicó el anélido. En los tratamientos con lombriz o lombricompostaje, las actividades enzimáticas medidas fueron: amilasa PMCL (paja molida con lombriz) de 46.17; PMSL (paja molida sin lombriz) de 39; PPCL (paja picada con lombriz) de 47.67 y PPSL (paja picada sin lombriz) de 41 mg de azúcares reductores $\cdot 10 \text{ mg}^{-1}$ materia seca. $\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. Celulasa: PMCL de 36. PMSL de 18.67, PPCL de 35.33 y PPSL de 33.67 mg de glucosa. $\cdot \text{g}^{-1}$ de materia seca. $\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. Lipasa: PMCL de 104.5, PMSL de 70. PPCL de 143.17 y PPSL de 64.5 nM 4-metil unbeliferona. $\cdot \text{g}^{-1}$ de materia seca $\cdot \text{h}^{-1}$ Invertasa: PMCL de 5.52. PMSL de 2.83. PPCL de 3.02 y PPSL de 3.00 mg de glucosa. $\cdot \text{g}^{-1}$ de materia seca. $\cdot 24 \text{ h}^{-1}$. Proteasa: PMCL de 126.17. PMSL de 87.17. PPCL de 102.5 y PPSL de 79.17 mg equivalente de tirosina. $\cdot \text{g}^{-1}$ de materia seca. $\cdot 2 \text{ h}^{-1}$. Amidasa: PMCL de 1.84. PMSL de 1.50. PPCL de 1.71 y la PPSL de 1.17 mg N-NH₄. $\cdot \text{g}^{-1}$ de materia seca. $\cdot 2 \text{ h}^{-1}$. Ureasa: PMCL de 0.46. PMSL de 0.37. PPCL de 0.43 y PPSL de 0.29 mg N-

NH₄ *g⁻¹ de materia seca. 2 h⁻¹. Nitrogenasa: PMCL de 263.45 PMSL de 197.73. PPCL de 239.35. PPSL de 1114.54 pMol C₂H₄ g⁻¹ materia seca. 24 h⁻¹ Fosfatasa ácida: PMCL de 0.36. PMSL de 0.17. PPCL de 0.23 y PPSL de 0.18 mg p-nitrofenol. *g⁻¹ de materia seca * h⁻¹ Fosfatasa alcalina: PMCL de 2.00. PMSL de 1.61. PPCL de 1.79 y PPSL de 1.47 mg p-nitrofenol *g⁻¹ de materia seca * h⁻¹ Arilsulfatasa: PMCL de 0.17. PMSL de 0.08. PPCL de 0.14 Y PPSL de 0.07 mg p-nitrofenol *g⁻¹ de materia seca h⁻¹. Deshidrogenasa: PMCL de 1.48. PMSL de 1.24. PPCL de 1.50 y PPSL de 1.16 mg TPF g⁻¹ de materia seca *24 h⁻¹. La actividad enzimática medida en cada uno de los ciclos estudiados, disminuyó conforme con la madurez de los lombricompost y compost. Acentuándose más en las del ciclo del nitrógeno.

SUBSTANCIAS HÚMICAS EN LOS PROCESOS DE COMPOSTAJE Y VERMICOMPOSTAJE

Se evaluó la calidad del lombricompost y compost de los residuos de paja de avena en los que se cultivó el hongo *Pleurotus ostreatus*. Se hicieron seis muestreos a 23, 46, 69, 92, 115 y 148 días después de agregada la lombriz en los muestreos se aislaron las fracciones de los ácidos húmicos (AH) Y ácidos fúlvicos (AF) de los compost y lombricompost.

La separación de las fracciones de la materia orgánica se hizo con el método de Kononova y Belchikova. Las fracciones obtenidas se analizaron y determinaron por métodos físicos y químicos como color, carbono por el método de Walkley y Black. Se utilizó además espectroscopia infrarroja.

Los resultados manifestaron lo siguiente: el porcentaje de AH fue mayor que el de los AF de manera particular. Los AH se encontraron en mayor cantidad en los lombricompost que en los compost. Mientras que los valores de AF representaron mayor variación.

Los resultados de los análisis infrarrojos demostraron que los AH y AF extraídos con NaOH 0.1 M y Na₄ P₂O₇ 0.1 M tienen grupos -NH₂ por bandas 3600 cm⁻¹ a 3700 cm⁻¹; grupos OH- de los polímeros de las 3400 cm⁻¹ y los C-H para los alifáticos a los 2920cm⁻¹ para los grupos carbonilo y carboxilos -COO- a los 1710 cm⁻¹ y para el grupo C=O cetónico a los 1630 cm⁻¹. Las electromicrofotografías tomadas revelaron la forma racemosa y porosa de los AH y AF.

Los porcentajes de carbono y nitrógeno variaron. El porcentaje de carbono fue de 29.3 a 34.4 y el de nitrógeno total fluctuó entre 1.4 y 1.5%. La relación C/N para los lombricompost al final del proceso fue del 9.78 a 23.96 y de los compost de 18.5 a 20.6.

Los valores en la relación C/N para los AH resultaron mayores que 15. Las muestras investigadas para estudiar la densidad óptica de la relación de índices colorimétricos E₄/E₆ se llevaron a igual contenido de carbono: los lombricompost y compost se manifestaron con más y menor aromaticidad como resultado de la aplicación de diferentes longitudes de onda. Esto permitió representar gráficamente y analizar el grado de condensación del carbono de las estructuras aromáticas y el carbono de los radicales laterales de los ácidos húmicos que fueron los únicos que se investigaron para la relación E₄/E₆.

Se llegó a la conclusión que la introducción de la lombriz *Eisenia andrei* influyó para que se diera una mayor aromaticidad y más contenido de ácidos húmicos formados.

ACTIVIDAD METABOLICA E INDICES DE CALIDAD EN SUELOS

Reyes Ortigoza Amada Laura

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales,
Laboratorio de Edafología. E mail: amadalaura@ciencias.unam.mx

Introducción

La mayoría de las ocasiones la sustentabilidad se enmarca en aspectos morfológicos y de apariencia externa del ecosistema, sin embargo ha sido poco atendido el aspecto del ecosistema asociado a aspectos no visibles como la actividad metabólica del suelo.

Las alteraciones en la actividad metabólica del suelo pueden ser detectadas con evaluaciones de parámetros bioquímicos. Los cambios permiten tomar decisiones y limitar daños irreversibles en investigaciones de calidad, conservación, degradación (erosión, desertificación) contaminación, fertilidad, efecto de manejo y desarrollo de cubierta vegetal en suelos. Así también pueden proporcionar información de procesos como la mineralización (disponibilidad de nutrientes), humificación (complejación de moléculas orgánicas) y la dinámica en los ciclos de nutrientes.

Los parámetros bioquímicos indicativos más utilizados en evaluaciones de actividad metabólica del suelo son la respiración, las actividades enzimáticas y la biomasa microbiana. La respiración del suelo permite conocer el efecto de variables sobre la oxidación o degradación de la materia orgánica por la biomasa microbiana. La productividad del ecosistema está asociada al paso del carbono, energía y nutrientes a través de la biomasa microbiana. La actividad de las enzimas indica el funcionamiento biológico del ecosistema, determinan la pauta de transformaciones químicas, son útiles para monitorear cambios en actividades microbianas e indican la capacidad potencial del suelo para llevar a cabo reacciones específicas. Su función se altera en presencia de contaminantes, cambios medioambientales, por el tipo de manejo, el crecimiento vegetal o incendios forestales.

Índices de calidad de suelos

La actividad metabólica ha sido evaluada con base en el uso de indicadores bioquímicos y en ocasiones se han formulado diversos índices de calidad de suelo que pueden ser definidos como un set mínimo de parámetros que interrelacionan y proporcionan datos numéricos sobre la capacidad del suelo de llevar a cabo una o más funciones. Mientras que un indicador de la calidad del suelo mide las propiedades que influyen en la capacidad del suelo de llevar a cabo una o más funciones.

Bastida *et al.*, (2008) recopilaron un catálogo de índices de calidad del suelo, señalando que los indicadores biológicos son más sensibles que los indicadores físicos y químicos ya que evalúan mejor los impactos de degradación en el suelo. Existen dos tipos de índices: los simples y los multi paramétricos.

Índices simples

1. El cociente metabólico (qCO_2) evalúa la relación de producción de CO_2 con respecto al carbono de la biomasa microbiana y se basa en la teoría de la sucesión de ecosistemas, describe la mineralización de sustrato por unidad de carbono de la biomasa microbiana. Define como cambia el ecosistema hasta declinar y es indicador de la madurez del ecosistema (Anderson y Domssch, 1985).
2. La relación carbono de la biomasa microbiana con respecto al carbono total del suelo.

3. La composición bioquímica de la biomasa intracelular y extracelular de la materia orgánica del suelo. Extraen diferentes compuestos de carbono como las hexosas, pentosas, azúcares, proteínas y DNA. (Hofman y Dusek, 2003)
 - 3.1 El índice de cantidad de sustrato, que evalúa la cantidad de cada componente en relación al carbono de la biomasa microbiana
 - 3.2 Índice de relación de inmovilización de componentes extraídos de la biomasa microbiana comparada con la cantidad total.
 - 3.3 Índice de calidad de sustrato que evalúa el contenido de compuestos extracelulares con respecto al carbono orgánico extracelular.
4. Índice de coeficiente de hidrólisis se basa en medidas de actividades enzimáticas (Perucci, 1992), cuantifica la hidrólisis por fluorescencia del diacetato después de incubación y divide entre la cantidad total antes de la hidrólisis.
5. La relación metabólica de Masiandaro et al., (1998), relaciona las fuentes potenciales de carbono en el suelo para el metabolismo microbiano y la actividad microbiana general y es expresado como la relación entre la actividad de deshidrogenasa y carbono soluble en agua, se usa para evaluar la degradación causada por el uso intensivo del suelo.
6. Otros métodos relacionan la actividad enzimática con el tamaño de la biomasa microbiana (Landi et al., 2000).

Los índices simples son fáciles de aplicar sin embargo el uso de dos parámetros limita la información, por eso se han propuesto los índices multiparámetros.

Índices multiparamétricos

En suelos Agrícolas

1. Karlen et al.,(1994), usan funciones normalizadas para evaluar la producción del sistema y proponen la siguiente expresión: Calidad de Suelo = $q_{we}(WT) + q_{wma}(WT) + q_{rd}(WT) + q_{fqp}(WT)$ donde q_{we} = capacidad para permitir entrada de agua, q_{wma} = capacidad de transferir y absorber agua q_{rd} = resistencia a la degradación, q_{fqp} = capacidad de sostener y permitir el crecimiento vegetal. WT= Peso numérico de cada una de las funciones del suelo, que es la limitante principal, puesto que el peso que se le asigna es subjetivo dependiente de condiciones específicas o propuestas que según los autores que lo utilicen proporcionan calidad y no depende de ningún método estadístico o matemático.
2. Andrews et al.,2004 establecen un modelo matemático en computadora SMAF (Soil management assesment framework) para evaluar las funciones y calidad del suelo, es un método aditivo, no lineal estandarizado que toma datos de: 1. Microorganismos, biodiversidad y hábitat, 2. filtración de contaminantes, 3. Ciclo de nutrientes, 4. Estabilidad física, 5. Resistencia a la degradación y recalcitramiento, 6. Relación de agua. Uno o más indicadores son usados para la misma función.
3. Kang et al 2005 utilizaron un aprovechamiento trigonométrico basado en tres subíndices: nutricional, microbiológico y producción de cosecha para establecer un índice de sustentabilidad.
4. Puglisi et al., 2006, propusieron 3 índices de alteración del suelo usando diferentes actividades enzimáticas, para establecer un índice de degradación del suelo por actividades agrícolas y lo validaron con valores promedio de la literatura lo que implica un uso espacial importante.

5. Otros índices enzimáticos son el EAN (Actividad enzimática numérica), propuesto por Beck (1984) y el BIF (Índice biológico de fertilidad) de Stefanic et al., 1984, y el índice bioquímico de fertilidad de suelos (Koper y Piotrowska, 2003).

En suelos no agrícolas

Los índices multiparamétricos para suelos no agrícolas publicados están en menor número y dentro de ellos se pueden señalar los siguientes:

1. Trasar-Cepeda et al., 1998, en donde escogieron suelos con vegetación climax y establecieron una ecuación.
2. De la Paz Jiménez et al. 2002 obtuvieron una ecuación por análisis de regresión múltiple que relacionaron con el carbono orgánico y diferentes actividades enzimáticas.
3. Zornosa et al. 2007, establecieron dos ecuaciones por regresión multilínea asociada a evaluaciones de calidad ambiental de suelos con vegetación natural, con un mínimo disturbio humano. En la primera ecuación establece una relación entre el contenido de nitrógeno y diferentes actividades enzimáticas e indicadores físicos y químicos y en la segunda ecuación establece las mismas relaciones pero con carbono.
4. Armas et al., (2007) establecieron un índice de calidad biológica para suelos volcánicos y aridisoles. Y presentan una relación entre carbono total, diferentes actividades enzimáticas y carbono soluble en agua caliente.

Un punto importante es cómo seleccionar los indicadores Nortcliff, 2002, señaló 3 puntos importantes: 1. Hacer referencia de las características del lugar que se va a medir, 2. Relacionar la calidad del suelo con otros componentes del sistema, 3. Definir bien los niveles con los que se va a medir el índice de calidad. También es necesario estandarizar las medidas del indicador. En este sentido la calidad del suelo debe ser determinada con respecto a la capacidad de una función o funciones. Cuando se establecen niveles de calidad se deben tomar precauciones. Algunos investigadores usan la calidad dinámica del suelo (que aspecto de la calidad se relaciona con las propiedades y cambios del suelo como resultado del uso y manejo), pero otros prefieren usar la calidad de suelo inherente (que aspectos de la calidad del suelo se relacionan con condiciones y propiedades naturales y cómo influyen en la vegetación natural o procesos de formación del suelo).

El pH es el indicador químico más usado, el indicador físico, estabilidad de agregados también es frecuente porque evalúa cambios por erosión y los parámetros bioquímicos son recomendados para cambios por contaminación. Whang et al., 2007, encontraron disminución de la biomasa microbiana y actividad enzimática en suelos contaminados por metales pesados.

El indicador estrella en suelos agrícolas y naturales es el carbono orgánico, también el carbono microbiano porque indica el tamaño de la población microbiana. Esta fracción viva tiene cambios por prácticas de manejo, enmiendas, contaminación o cambio de clima.

Otro parámetro muy usado, es la respiración ya que indica la capacidad oxidativa de los microorganismos por lo tanto cambia por las fuentes de energía que hay y el número de microorganismos varía por el clima, manejo, enmiendas, contaminación. A nivel más específico como indicadores de los ciclos biogeoquímicos están las actividades enzimáticas que son consideradas un indicador muy sensible a cambios por prácticas de manejo, variaciones climáticas, contaminación. La más usada es la deshidrogenasa que es una enzima compleja que

sirve como indicador general de la actividad microbiana, se relaciona con la oxidación de compuestos orgánicos y el transporte de electrones de energía para las células microbianas. Otras muy usadas son las que se relacionan con los ciclos de C, P, N y S (fosfatasas, glucosidasas, ureasas y arilsulfatasas). La espectroscopia de IR, la diversidad microbiana y la abundancia de genes e índices de alteración con fosfolípidos también se han propuesto (Puglisi et al., 2005).

Conclusiones

Los índices de calidad y las evaluaciones de actividad metabólica se centran en aspectos como el rendimiento de algún cultivo con respecto al manejo, aplicaciones de fertilizantes de residuos orgánicos, a la rotación de cultivos, al efecto de erosión, contaminación.

Los índices existentes en la mayoría de los casos no son formulas aplicables universalmente, debido a que no se dan estandarizaciones de métodos ni escala espacial, por lo que es importante usar referencias de parámetros climáticos, vegetación. Lo mejor es usar un set mínimo de indicadores dirigidos a una máxima capacidad del suelo sobre una función específica.

Los pasos de los índices de Karlen et al., 1994 y Andrews, 2004 han sido los más utilizados a nivel agronómico y ambiental.

Los indicadores físicos y químicos han sido ampliamente utilizados para elaborar índices de calidad pero pocos índices han utilizado las actividades enzimáticas, aun cuando han sido propuestas como indicadores muy sensibles de los cambios en el suelo y actividad metabólica (Nannipieri et al 1990).

Los métodos estadísticos más adecuados para formular un índice de calidad son los componentes principales, ya que seleccionan un set mínimo de indicadores. La desventaja es que requieren un gran número de datos.

Muchos estudios han analizado la actividad metabólica y calidad de suelos usando diferentes indicadores pero solo pocos obtienen resultados para establecer índices de calidad.

Literatura Citada

- Anderson, T.H., Domsch, K.H., 1985. Determination of ecophysiological maintenance carbon requirements of soil microorganisms in a dormant state. *Biol. Fertil. Soils* 1,81–89.
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Cambardella, C.A., 2004. The soil management assessment framework: a quantitative soil quality evaluation method. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68, 1945–1962.
- Armas, C.M., Santana, B., Mora, J.L., Notario, J.S., Arbelo, C.D., Rodríguez-Rodríguez, A., 2007. A biological quality index for volcanic Andisols and Aridisols (Canary Islands, Spain): variations related to the ecosystem development. *Sci. Total Environ.* 378, 238–244.
- Bastida, F., Zsolnay, A., Hernández, T, García, C. 2008. Past, present and future of soil quality indices: A biological perspective. *Geoderma*: 147: 159-171.
- Beck, T.H., 1984. Methods and application of soil microbiological analysis at the Landensanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau (LBB) for determination of some aspects of soil fertility. *Proceedings of the Fifth Symposium on Soil Biology. Rumanian National Society of Soil Science, Bucharest, Rumania*, pp. 13–20.
- De la Paz-Jiménez, M., De la Horra, A.M., Pruzzo, L., Palma, R.M., 2002. Soil quality: a new index base microbiological and biochemical parameters. *Biol. Fertil. Soils* 35,302–306.
- Hofman, J., Dusek, L., 2003. Biochemical analysis of soil organic matter and microbial biomass composition— a pilot study. *Eur. J. Soil Biol.* 39, 217–224.

- Kang, G.S., Beri, V., Sidhu, B.S., Rupela, O.P., 2005. A new index to assess soil quality and sustainability of wheat-based cropping systems. *Biol. Fertil. Soils* 41, 389–398
- Karlen, D.L., Stott, D.E., 1994. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publ., vol. 34. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, pp. 53–72.
- Koper, J., Piotrowska, A., 2003. Application of biochemical index to define soil fertility depending on varied organic and mineral fertilization. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.* 6.
- Landi, L., Renella, G., Moreno, J.L., Falchini, L., Nannipieri, P., 2000. Influence of cadmium on the metabolic quotient, L-D-Glutamic acid respiration and enzyme activity: microbial biomass ratio under laboratory conditions. *Biol. Fertil. Soils* 32, 8–16.
- Larson, W.E., Pierce, M., 1998. Organic matter properties in cultivated versus set-aside arable soils. *Agric. Ecosyst. Environ.* 67, 267–274.
- Nannipieri, P., Grego, S., Ceccanti, B., 1990. Ecological significance of the biological activity in soils. In: Bollag, J.M., Stotzky, G. (Eds.), *Soil Biochemistry*. Marcel Dekker, New York, pp. 293–355.
- Nortcliff, S., 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agric. Ecosyst. Environ.* 88, 161–168.
- Pang, X.Y., Bao, P., 1992. Enzyme-activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biol. Fertil. Soils* 14, 54–60.
- Puglisi, E., Del Re, A.A.M., Rao, M.A., Gianfreda, L., 2006. Development and validation of numerical indices integrating enzyme activities of soils. *Soil Biol. Biochem.* 38, 1673–1681.
- Stefanic, F., Ellade, G., Chirnageanu, J., 1984. Researches concerning a biological index of soil fertility. In: Nemes, M.P., Kiss, S., Papacostea, P., Stefanic, C., Rusan, M. (Eds.), *Fifth Symposium on Soil Biology*. Romanian National Society of Soil Science, Bucharest, pp. 35–45.
- Trasar-Cepeda, C., Leirós, C., Gil-Sotres, F., Seoane, S., 1998. Towards a biochemical quality index for soils: an expression relating several biological and biochemical properties. *Biol. Fertil. Soils* 26, 100–106.
- Wang, Y.P., Shi, J.Y., Wang, H., Lin, Q., Chen, X.C., Chen, Y.X., 2007. The influence of soil heavy metals pollution on soil microbial biomass, enzyme activity, and community composition near a copper smelter. *Ecotox. Environ. Safe.* 67, 75–81.
- Zornoza, R., Mataiz-Solera, J., Guerrero, C., Arcenegui, V., García-Orenes, F., Mataix-Beneyto, J., Morugán, A., 2007. Evaluation of soil quality using multiple lineal regression based on physical, chemical and biochemical properties. *Sci. Total Environ.* 378, 233–237.
- Zumft, W.G., 1997. *Cell biology*.