MEMORIAS EN EXTENSO

Volumen II

DIRECTORIO

Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.

Dr. David Espinosa Victoria
Presidente
Dr. Ricardo David Valdez Cepeda
Vicepresidente
Dra. Catarina Loredo Osti
Tesorera
Dra. Mariela Fuentes Ponce
Editora Revista Terra Latinoamericana

COMITÉ ORGANIZADOR

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C.

Dr. Sergio Hernández Vázquez
Director General
Dr. Daniel B. Lluch Cota
Director de Gestión Institucional
Dra. Elisa Serviere Zaragoza
Directora del Programa de Posgrado
Dr. Jaime Holguín Peña
Coordinador del Programa de Agricultura en Zonas Áridas
Dr. Enrique Troyo Diéguez
Presidente del Comité Local

Universidad Autónoma de Baja California Sur

M.C. Gustavo Rodolfo Cruz Chávez
Rector
Dr. Dante Arturo Salgado González
Secretario Académico
Dra. Alba Eritrea Gámez Vázquez
Directora de Investigación y Posgrado
Dr. Sergio Zamora Salgado
Jefe del Departamento Académico de Agronomía
Dr. José G. Loya Ramírez
Vicepresidente del Comité Local

INDICE

División 3. Aprovechamiento del Recurso Suelo 11

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPOSTA, TÉ DE LOMBRIZ Y EXTRACTO DE COMPOSTA A BASE DE RESIDUOS DEL CULTIVO DE CHAMPIÑÓN COMO MEJORADOR DE SUELO 13

Castelo-Gutiérrez, A.[1*]; Gutiérrez-Coronado, M.[1]; Arellano-Gil, M.[1]; Castro-Espinoza, L.[1]; Lares-Villa, F.[1]; Figueroa-López, P.[2] 13

EFECTO DE BIOFERTILIZANTE EN HÍBRIDOS DE MAÍZ ANDROESTERILES Y FÉRTILES DE VALLES ALTOS 19

Espinosa-Calderón, A.[1*]; Tadeo-Robledo, M.[2]; Alcántar-Lugo, H. J.[2]; Irizar-Garza, M. B. G.[1]; Turrent-Fernández, A.[1]; Zamudio-González, B.[1]; Sierra-Macías, M.[3]; Palafox-Caballero, A.[3]; Martínez-Yáñez, B.[2]; Arteaga-Escamilla, I.[2]; Andrés-Meza, P.[3]; Gómez-Montiel, N.[4] 19

ESTIÉRCOL BOVINO Y AGUA RESIDUAL EN LA DISPONIBILIDAD DE POTASIO Y NITRÓGENO TOTAL EN SUELOS 25

Flores Margez, J. P.[*]; Pérez Soto, R. I.; Contreras Santana, L. E.; Corral Díaz, B.; Osuna Ávila, P.; Olivas Enríquez, E. 25

DINÁMICA DE COMPUESTOS NITROGENADOS CON RELACIÓN A LA PROPORCIÓN DE NITRÓGENO (NH_4^+/NO_3^-) EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN *Physalis peruviana* L. 30

Méndez Merino, E.[1*]; Alcántar Gonzáles, G.[2]; Sandoval Villa, M.[2]; Curiel Rodríguez, A.[3] 30

NUTRICIÓN CON N Y K POR ETAPAS FENOLÓGICAS DE TOMATE EN ACIDEZ TITULABLE Y SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES DEL FRUTO 35

San Martín Hernández, C.[1*]; Trejo Téllez, L. I.[1]; Gómez Merino, F. C.[2]; Saucedo Veloz, C.[1]; Escalante Estrada J. A.[1]; Sánchez García P.[1] 35

CALIDAD POSTCOSECHA DE MANZANA BAJO FERTILIZACIÓN NITROGENADA COMPLEMENTADA CON MACRONUTRIENTES 41

Soto Parra, J. M.[*]; Yáñez Muñoz, R. M.; Piña Ramírez, F. J.; Flores Plascencia, J. B.; Mancera López, M.M.; Basurto Sotelo M.; Pérez Leal, R. 41

APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE EN HÍBRIDOS DE MAÍZ DE LA UNAM EVALUADOS EN CUATRO AMBIENTES 46

Tadeo Robledo, M.[1*]; Espinosa Calderón, A.[2]; Alcántar Lugo, H. J.[1]; Irizar Garza, M. B. G.[2]; Turrent Fernández, A.[2]; Martínez Yañez, B.[1]; Arteaga Escamilla, I.[1]; Zaragoza Esparza, J.[1]; Sierra Macías, M.[3]; Palafox Caballero, A.[3]; Andrés Meza, P.[3]; Zamudio González, B.[2] 46

CONCENTRACIÓN DE BIOMOLÉCULAS EN *Zantedeschia albomaculata* POR EFECTO DE FERTILIZACIÓN CON N Y K POR FASES FENOLÓGICAS 52

Torres-Flores, N. I.[1*]; Trejo-Téllez, L. I.[1]; Tejeda-Sartorius, O.[1,2]; Trejo-Téllez, B. I.[2]; Ramírez-Martínez, M.[1] y Gómez-Merino, F. C.[3] 52

PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO EN GIRASOL EN FUNCIÓN DEL BIOFERTILIZANTE Y NITRÓGENO 57

Arenas Julio Yasmani Rafael*, Escalante Estrada José Alberto S., Ortiz Solorio Carlos Alberto. 57

RESPUESTA DEL CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE NPK EN LA SOLUCION NUTRITIVA 62

Borges-Gómez, L.[1]*; Rojas-Serrano, J.[1]; González-Rodríguez F.[1]; Pereyda-Pérez, G.[1]; Ruíz-Sánchez, E.[1]; Pinzón-López, L[1]. 62

NUEVAS VARIEDADES DE ALGODONERO PARA ZONA NORTE DE CHIHUAHUA 67

Corral-Díaz, B.[1*]; Roque-Ruíz, J.H.[1]; Flores-Márgez, J.P.[1];Osuna-Ávila, P.[1]; Olivas-Enríquez, E.[1] 67

CRECIMIENTO DEL FRUTO EN CULTIVARES DE CÍTRICOS CON LIMITACIONES HÍDRICAS EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, B.C.S. 73

Loya Ramírez, J. G.[1]; Ruiz Espinoza, F. H.[1]; Navejas Jiménez, J. [2]; Beltrán Morales, F. A[1]; Zamora Salgado S.[1]; Alcalá Jauregui C. A.[3]; Cuevas Angulo, C. I.[1] 73

PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO CON RIZOBACTERIAS QUE SOLUBILIZAN FÓSFORO Y DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA 79

Noh-Medina, J. A.[1*]; Yam-Chimal C.[2]; Ek-López J. J.[1] 79

PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE ALBAHACA (*Ocimum Basilicum* L.) BAJO RIEGO POR GOTEO EN LA COMARCA LAGUNERA 84

Orona-Castillo, I.[1*]; Cervantes-Vázquez, M.G.[1]; Vázquez-Vázquez, C.[1]; Salazar-Sosa, E. [1]; Fortis-Hernández, M.[2] 84

BIOFORTIFIACIÓN CON HIERRO Y ZINC EN FRIJOL: ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD NUTRICIONAL Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE 89

Sida Arreola, J.P.[1]; Sánchez Chávez, E.[2]*; Ávila Quezada, G.D.[2]; Acosta Muñiz, C.H.[3]; Zamudio Flores, P.B.[3] ...89

EFECTO DE DIFERENTES FORMULAS DE FERTILIZACION SOBRE EL RENDIMIENTO Y EL TAMAÑO Y CALIDAD FISIOLOGICA DE SEMILLAS DE HABA (Vicia faba L.) 95

Solórzano Vega, E[1*]. ; Aragón López, E.; Vázquez Palacios, C.; López Herrera, A.[1] 95

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA DE ESTEVIA EN LEPTOSOLES MODIFICADOS DE YUCATÁN 100

Tun-Dzul, J. C. 100

EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL: CONCEPTUALIZACIÓN 106

Covarrubias-Ramírez, J. M.[1*]; Sánchez-García, P.[2]; Peña-Cabriales, J. J.[3]; Parga-Torres, V. M.[1] y Sánchez-Chaparro, J. D.[1] 106

NUTRICIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA DE TOMATE EN INVERNADERO 112

Piña Ramírez, F. J.[1*]; Soto Parra, J. M.[1]; Yáñez Muñoz, R. M[1]., Flores Plascencia, J. B.[1]; Basurt Sotelo, M[1].; Sánchez Chávez, E[2].; Acevedo Barrera A. A.[3] 112

CONSUMO DE AGUA DEL MANZANO (*Malus domestica*) POR EL MÉTODO DEL BALANCE HÍDRICO .. 117

Gómez Gómez, J. C.[1]; Covarrubias-Ramírez, J. M.[2*]; Zermeño-González, A.[1]; Briones-Sánchez, G.[1].....117

EVALUACIÓN DE FERTILIDAD DE TIERRAS BAJO LA VISIÓN CAMPESINA, EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉXICO 122

Balderas Plata, M. A.*; Corral García, M.; Gutiérrez Cedillo, J. G.; Morales Martínez, F. H.[1] 122

INTERACCIÓN DE SULFATO, CALCIO Y MAGNESIO EN EL AGUA BAJO DOS TIPOS DE RIEGO EN LECHUGA (Lactuca sativa)..... 128

Cepeda Guzmán, A.[1*]; Valdez Aguilar, L. A.[1]; Mendoza Villarreal, R.[1]; Sandoval Rangel, A.[1]; Castillo González, A. M.[2] 128

EVALUACION DE FERTILIZACION AL SUELO VS FERTIRRIGACION POR SISTEMA DE GOTEO EN EL CULTIVO DE TRIGO 134

Gámez Elizalde, M.[1*]; Ortiz Monasterio, R.; I.[2]; Cárdenas, M[2]. 134

ELABORACIÓN DE COMPOSTA A BASE ESTIÉRCOL EQUINO 141

Ramírez Ibarra, J. A.*[1]; Figueroa Villamontes, U.[2]; García Hernández, J. L.[1]; Sánchez Tapia, C.[3]; Fortis Hernández, M.[3]; Gallegos Robles, M. A.[1]; Valenzuela, G. A. A.[1] 141

DISPONIBILIDAD DEL NITRÓGENO DE ESTIÉRCOL DE BOVINO LECHERO EN UN CULTIVO DE SORGO X SUDAN 146

Ríos Rodríguez, M. L.[1]; Soto González, J. R.[1]; Figueroa Viramontes, U.[2*] 146

USO EFICIENTE DE NITRÓGENO EN FRIJOL EJOTERO: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE Fe EN FORMA DE QUELATO *VERSUS* SULFATO..... 151

Sánchez, E.[1*]; Sida Arreola, J. P.[1]; Muñoz Márquez, E.[1]; Ojeda Barrios, D. L.[2]; Soto Parra, J. M.[2] 151

EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) EN MALLA SOMBRA 157

Vázquez Vázquez, C.1§; Cervantes Vázquez, T. J. Á.1; Salazar Sosa, E.2; Orona-Castillo, I.1; Gallegos-Robles, M. Á. 1; Figueroa Viramontes, R.1.....157

APLICACIÓN DE ALGAROOT Y ALGAENZIMS EN AGAVE TEQUILANA (Weber Var. Azul) Y SU EFECTO EN LOS HIJUELOS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO 161

Reyes Ríos D. M.[1*]; Frías Hernández J. T.[1]; Francia Pérez D.[1]; Canales López B.[2] y Parra Negrete L.[1].....161

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CULTIVO SIMPLES Y COMPUESTOS EN EL VALLE DE PUEBLA, MÉXICO 165

Aceves Ruiz, E.[1]*; Olvera Hernández, J. I.[1]; Guerrero Rodríguez, J. de D.[1]; Alvarado Teyssier, R.[1].....165

PRODUCCION DE NOPAL VERDURA *Opuntia ficus–indica* (L.) Mill. CON GALLINAZA EN ZUAZUA, NUEVO LEÓN, MÉXICO..... 170

Almaguer Sierra, P.[1]*; Rodríguez Fuentes, H.[2]; Barrientos Lozano, L.[1]; Mora Ravelo, S.G.[1] 170

DISEÑO DE CRITERIOS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LA DAMIANA SILVESTRE (*Turnera diffusa,* Willd.) EN LA DELEGACIÓN EL CARRIZAL, B. C. S. 176

Monroy Ceseña, M. A. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México ...176

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA, ORGANICA Y BIOFERTILIZANTES 180

Alvarado Teyssier, R.*; Aceves Ruiz, E.; Escobedo Garrido, J. S.; Guerrero Rodríguez, J. de D.1; Olvera-Hernández, J. Isabel 180

LA PROPORCIÓN N:P SE INCREMENTA EN MANZANO CONFORME LA CONCENTRACIÓN DE N AUMENTA 185

Blanco-Macías, F.[1*], Valdez-Cepeda, R.D.[1], Llamas-Llamas, J.J.[2], Ruíz-Garduño, R.R.[1], Márquez-Madrid, M.[1], Magallanes-Quintanar, R.[3], Méndez-Gallegos, S. de J.[4] 185

DENSIDAD DE POBLACION Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA SECA DE *Rosmarinus officinalis* L. EN CONDICIONES HIDROPÓNICAS 190

Castillo Castro, K.G.[1]; Rodríguez Fuentes, H.[1*]; Rodríguez Ortiz, J.C.[2]; Beltrán Morales, F.A.[3]; Vidales Contreras, J.A.[1]; Luna Maldonado, A.I.[1] 190

RENDIMIENTO DE MAIZ EN DOS DENSIDADES DE SIEMBRA CON APLICACIÓN DE ESTIERCOL BOVINO SOLARIZADO 194

Cervantes Medina, M.[1]; Luna-Anguiano, J.[3]; Ceniceros García, A. K.[2]; Avalos de la Cruz, M. A.[1]; Valenzuela García A. A[3] 194

PRODUCCION ORGANICA DE SORGO FORRAJERO CON Y SIN MICORRIZAS BAJO RIEGO SUB SUPERFICIAL 200

Hermosillo Salazar L. J.1; Luna Anguiano J.2*; Quevedo Osornio J. C.3; Ceniceros García A. K4; Estrada Santoyo L. Z.4 200

PÉRDIDA EDÁFICA DE NUTRIENTES POR ESCORRENTÍA EN PARCELAS DELIMITADAS CON DISTINTOS USOS 205

López Teloxa*[1], L.C.; Castelán Vega[2], R.; Abel Cruz Montalvo, A.[2] ; J. V. Tamaríz Flores[2] 205

PRODUCCIÓN DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.) CON SUSTRATOS ORGÁNICOS EN CONDICIONES DE INVERNADERO 211

Méndez Rodríguez, I.[1*]; Fortis Hernández, M.[2]; Preciado Rangel, P.[3]; Segura Castruita M. A.[1]; Orozco Vidal J. A[1]; Sánchez Hernández, D. J.[2]; Chávez Sánchez, E.[3]; Antonio Ordóñez, E.[4] 211

SISTEMA DE PRODUCCION DE MAIZ CON COSTO MINIMO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO B.C.S. 217

J. Navejas Jiménez[1]; M del C. Lucero Pulido [1]; E. Gutiérres Pérez[1]; E. de la Rosa Aguilar[2]; J. G. Loya Ramirez[3]; E. Troyo Diéguez[4] 217

DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE CHILE DE TIERRA (*Capsicum annum* L.) INTRODUCIDO A LA COMARCA LAGUNERA EN TRES SUSTRATOS ORGÁNICOS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO 222

Ríos-Plaza, J.L.1; García-Hernández, J.L.1*; Beltrán-Morales, A.2; Murillo-Amador, B.3; Troyo-Diéguez, E. 3; Estrada-Loera, R.M. 1; Ibarra-García, A.1 222

NOPAL FORRAJERO ABONADO CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO 227

Trejo Escareño, H. I.[1*]; Salazar Sosa, E.[1]; López Martínez, J. D.[1]; Salazar Meléndez, E.[2] 227

RENDIMIENTO, CALIDAD Y CONTENIDO DE CAPSAICINA DE GENOTIPOS DE CHILE JALAPEÑO Y SERRANO (*Capsicum annuum* L.) PRODUCIDOS BAJO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA 233

Valadez Sánchez, Y. M.[1]; Olivares Sáenz, E.[1]; Vázquez Alvarado, R.[1]; García Hernández, J.L.[2*]; Esparza Rivera, J.R.[3]; Valdéz Cepeda, R.D[4] 233

Simposium Manejo de Cuencas y Uso Eficiente del Agua 239

IMPACTO DE LA EROSIÓN DEL SUELO EN LA CUENCA DEL LAGO DE CHAPALA, MICHOACÁN 240

Cruz Cárdenas, G.[1]; Ochoa Estrada, S.[1]; Silva García, T.[1]; Estrada Godoy, F.[1]* 240

DISTRIBUCIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL ACUÍFERO DE LA PAZ BCS, MÉXICO 245

Cruz Falcón, A.[1]; Troyo Diéguez, E.[1]; González Michel, A.[1]; Vega Mayagoitia, J. E.[1]; Patrón-Coppel, G.[2]; Meza Trejo, J. L.[3] 245

EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA MONTE-CALDERA EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO 250

Loredo Osti, C.1*; Beltrán López, S.1; Duéñez Alanís, J.2; Lara Mireles, J.L1; Rodríguez Rivera, J. P.3; Santos Díaz R. E.1; Posadas Leal C.1 250

EL MANEJO INTEGRADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR 255

Meza Trejo, J. L.[1*]; Navarro Lozano, J. O.[1]; Cruz Falcón, A.[2]; De la Toba Lucero, M. S.[1] 255

PLAN DE MANEJO PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO PAJALTÓN, CHIAPAS: UN ENFOQUE DE RESTAURACIÓN DE CUENCAS 260

Miranda Martínez, M.E.1*; Torres Cedillo, L.2; Sánchez Juárez, M.3; Bonilla, C.1 260

EL MANEJO HOLÍSTICO COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN CUENCAS: DESCRIPCIÓN DEL ENTERO ECOSISTÉMICO EN MÁTAPE, SONORA 266

Villarruel Sahagún, L.[1,2]; Troyo Diéguez, E.[1], Gutiérrez Ruacho, O. G.[2]; Nieto Garibay, A.[1]; Esqueda M.[3], Aguirre Ibarra, I. A.[4]; Murillo Amador, B.[1] 266

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA COMO ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA GESTIÓN Y MANEJO DE CUENCAS DE BAHÍA CONCEPCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO 272

Chávez-López, S. 272

EVALUACIÓN HIDRICA BAJO CONDICIONES DE RIEGO SUPERFICIAL EN LA REGIÓN LAGUNERA DE DURANGO 279

Garcia-Herrera, G.[1*]; López-Santos, A.[2]; Esquivel-Arriaga, O.[3]; Azpilcueta-Ruiz Esparza, M. de J.[4] Juarez-Cabrera, L. E.[5] 279

PRODUCCIÓN DE ALGODONERO BAJO DEFICIT DE HUMEDAD EN EL SUELO 284

Inzunza-Ibarra, M.A.1*; Villa-Castorena M.1; Catalán-Valencia, E. A.; Román-López, A.1; Delgado-Ramírez, G.1 284

ANÁLISIS FRACTAL DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL ESTADO DE ZACATECAS 289

Magallanes-Quintanar, R.[1*], Valdez-Cepeda, R.D.[2,3], Blanco-Macías, F.[2], Méndez-Gallegos, S. de J.[4] y Delgadillo-Ruíz, O.,[5] Medina-García, G.[6].....289

HUMEDAD EN SUELO Y CAMBIO CLIMÁTICO: SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE CHAPINGO, MÉXICO..... 295

Monterroso-Rivas, A. I.*; Gómez-Díaz, J. D.; Sebastián-Silva L. M. 295

ALTERACIÓN DE FERTILIDAD DEL SUELO DEBIDO A LA IRRIGACIÓN Y AL CAMBIO CLIMÁTICO 298

Nikolskii G. L.[1*], Bakhlaeva E. O.[1], Herrera G. S.[2] 298

CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA, MÉXICO 304

Tamariz Flores, J. V., 1*; Linares Fleites, G.2; Ruiz Careaga, J. A. 2 y Castelán Vega, R. 2.....304

LA VEGETACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE ESCURRIMIENTOS EN EL ANP "SIERRA DE LOBOS" GUANAJUATO, MÉXICO 309

[1*] Valenzuela-Núñez, L.M.; [1] Márquez-Hernández, C.;.....309

TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURA EXTREMA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN ZACATECAS 313

Valdez-Cepeda, R.D.[1,2*], Blanco-Macías, F.[1], Magallanes-Quintanar, R.[3], Méndez-Gallegos, S. de J.[4], Troyo-Diéguez, E.[5] 313

LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL SUELOS ESTIMADA A TRAVÉS DE LA TEXTURA: ESTUDIO DE CASO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, B. C. S. 318

Wurl, J.1*; Martínez García, C. N.1; Imaz Lamadrid, M. A.1; Ramos-Velásquez, E.1; Martínez-Gutiérrez, G.1 318

ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, B.C.S..... 323

Wurl, J.1*; Díaz Gutiérrez, J.J.1; Martínez Gutiérrez, G.1; Ramos Velásquez, E.1.....323

RENDIMIENTO DE LA ALBAHACA A DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO DETERMINADAS CON BASE PORCENTAJES DE LA EVAPORACIÓN..... 329

Zepeda García, K.1, Zamora Salgado S.*2, Ruiz Espinoza F. H.2, Loya Ramírez J. G.2, Beltrán Morales F. A.2, Palacios Espinoza A.2.....329

Simposium contaminación del agua y suelo..... 333

REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES POR EFECTO DEL SISTEMA SUELO-AGUA-PLANTA..... 334

González-Meraz, J.[1*].....334

PRETRAMIENTO CON PEROXIDO DE HIDROGENO Y FITORREMEDIACIÓN CON E*CHINOCHLOA POLYSTACHYA* DE GLEYSOL PETROLIZADO 340

González Zarate, C.[1*]; Rivera Cruz, M. C.[2]; Palma López, D. J.[3]; Hidalgo Moreno, C. I.[4] 340

APLICACIONES DE TEMIK 15G® AL SUELO PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS *Diaphorina citri* Kuwayama 345

Loya Ramírez, J. G.[1*]; Ruiz Espinoza, F. H.[1]; Navejas Jiménez, J.[2]; Beltrán Morales, F. A.[1]; Zamora Salgado, S.[1]; Alcalá Jáuregui, C. A.[3]; Reyes Sánchez, R. G.[1] 345

HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN GLEYSOL PETROLIZADO TRATADO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y FITORREMEDIACIÓN 351

Rivera Cruz, M.C.[1]; De La Cruz López A[2]; Trujillo Narcía, A.[2] 351

REHABILITACIÓN DE SUELOS AFECTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS CON BIOFERTILIZANTES Y MEJORADORES EN SIERRA MOJADA, COAHUILA..... 356

Mendoza Villarreal, R.[1*]; Capó Arteaga, M.A.; López Cervantes, R.[1]; Hernández Hernandez, G.[2] ; Hurtado Lozano, J.[4] 356

CONSECUENCIAS DE LA SOBREEXPLOTACIÓN AGROPECUARIA ASOCIADAS A PROCESOS DE SALINIZACIÓN Y DESERTIFICACIÓN EN BAJA CALIFORNIA SUR, NOROESTE DE MEXICO 361

Troyo-Diéguez, E.[1*]; Cruz-Falcón, A.[1]; Álvarez-Morales, Y.[1]; Zamora-Salgado, S.[2]; Nieto-Garibay, A.[1]; Lucero-Vega, G.; Murillo-Amador, B.[1] 361

ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN EL SUELO DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN DEL RIO LERMA, CAUSADA POR LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL DEL LIBRAMIENTO RUTA DE LA INDEPENDENCIA..... 366

Moran López, O[1]; Balderas Plata, M. A[1]*; Madrigal Uribe, D[1]; Antonio Némiga, X[1] 366

DINÁMICA DE LA BIOMASA VEGETAL Y ATENUACIÓN NATURAL DE LOS HIDROCARBUROS DEL PETRÓLEO EN UN HUMEDAL DEL SURESTE DE MÉXICO..... 372

Rivera Cruz, M. C.1*; Trujillo-Narcía, A.2 372

ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN DE LA BIOTA POR ANTIBIÓTICOS EN DOS CUENCAS LECHERAS DE PUEBLA, MÉXICO..... 376

Rodríguez Hernández, V.1*; Hidalgo López, J.2 376

ESTUDIO POBLACIONAL DE LA FAUNA DE UN FLUVISOL RESTAURADO POR DERRAME DE PETRÓLEO CRUDO..... 380

Trujillo-Narcía A.[1,2*], Rivera-Cruz M.C.[1], Lagunes-Espinoza L.C.[1], Palma-López D.J.[1], Soto-Sánchez S.[1], Ramírez-Valverde G.[3], Dorantes-Avelino R.[4].....380

CONTENIDO DE METALES EN SUELOS AGRÍCOLAS EN DOS ZONAS DEL MUNICIPIO DE PUEBLA. 384

Aguirre Díaz, I. S.[1], Cruz Montalvo, A.[2*], Tamariz Flores, J. V. R.[2], Castelán Vega, R.C.[2] Ruiz Careaga, J.A.[2] 384

RIZORREMEDIACIÓN DE SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO CON PETRÓLEO CRUDO USANDO PLANTAS DE MAÍZ 390

Díaz Tapia, A.1; Jiménez Salgado, T.2; Carcaño Montiel, M2.; García Torres, A2.; Mauricio Gutierrez A.; Tapia Hernández, A.2* 390

BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO CONTAMINADO CON DIESEL APROVECHANDO SUSTRATOS RESIDUALES DE Agaricus bisporus (champiñón) 396

González Sorcia, A.1; Tapia Hernández, A.1; Jiménez Salgado, T.1; López Reyes, L.1; Aguilar Torres, O1; Mauricio Gutiérrez, A.1 396

Ahmad, P., C.A. Jaleel, M.A. Salem, G. Nabi, and S. Sharma. 2010. Roles of enzymatic and non enzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. Crit. Rev. Biotechnol. 30 (3): 161-175. 404

EFECTO DE ENMIENDAS EN LA VARIACIÓN DE LOS ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS ESTRACTABLES EN RESIDUOS DE MINAS 406

Maldonado Torres, A.1*; Carrillo González, R., B.2; González Chávez, M. C. A.2; Cruz-Díaz, J.2 406

DESARROLLO AGRONÓMICO DE PLANTAS DE MOSTAZA (Brassica juncea) CULTIVADAS SOBRE JALES MINEROS 416

Nadal Ruiz, P.1*; Fernández Alducín, A.B.1; Sato Grajedas, M1; Díaz Argueta, A.1; Aguirre Gómez, A.1** ... 416

DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO Y METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DEL RÍO NAZAS 422

Urbina Martínez, M. A.1,3*; Luna Anguiano J.1; González Betancourt, M. de L.2; Rangel Carrillo,N. L.3; Rivera González, M. de J. 422

CONTAMINACIÓN DE SUELO Y AGUA A CONSECUENCIA DEL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL NORTE DE SONORA, MÉXICO 427

Villalba Atondo, A. I.1*; Gómez Álvarez, A.2; del Castillo Alarcón, J. M.1; Solís Garza, G.1 427

'Suelo sano para la seguridad alimentaria y mejor calidad de vida'

La Paz, B.C.S, México – 24 al 29 de noviembre de 2013
smcs-congreso2013@cibnor.mx

División 3. Aprovechamiento del Recurso Suelo

1

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE COMPOSTA, TÉ DE LOMBRIZ Y EXTRACTO DE COMPOSTA A BASE DE RESIDUOS DEL CULTIVO DE CHAMPIÑÓN COMO MEJORADOR DE SUELO

Castelo-Gutiérrez, A.[1*]; Gutiérrez-Coronado, M.[1]; Arellano-Gil, M.[1]; Castro-Espinoza, L.[1]; Lares-Villa, F.[1]; Figueroa-López, P.[2]

[1]**Instituto Tecnológico de Sonora. Ciudad, Obregón, Sonora. México.**
[2]**Centro Experimental Norman E. Borlaug. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ciudad, Obregón, Sonora. México.**

*Autor responsable: alixcastelo@gmail.com; Calle 5 de Febrero Núm. 818 Sur, Col. Centro, Ciudad Obregón, Sonora. México. CP 85000; Tel. +52(644) 410 90 00

Resumen

La biotecnología agrícola ha venido ofreciendo una amplia variedad de opciones para trabajar bajo el concepto de agricultura sostenible, cimentada en el concepto de sustentabilidad de los ecosistemas productivos, que enfatiza el uso racional de los recursos naturales. Hoy en día es común encontrar el concepto de biofertilización, coincidiendo en su definicion como una sustancia que contiene microorganismos vivos, los cuales, cuando se aplican a plantas o suelos, colonizan la rizosfera y promueven el crecimiento en la planta. Ante la creciente iniciativa de trabajar bajo este contexto, se han generado diversas alternativas de fertilización partiendo de residuos orgánicos. Dichos residuos al ser sometidos a un proceso de compostaje, se obtienen compuestos más estables capaces de suministrar nutrientes al suelo y por ende estar más disponibles para las plantas. En este trabajo se trató de evaluar el efecto de la aplicación de composta sólida, té de lombriz y extracto de composta al suelo donde fue sembrado plantas de tomate, con la finalidad de observar si estos productos compostados tienen la capacidad de mejorar las propiedades del suelo. Entre los tratamientos se pudo observar que la combinación de extracto de composta y té de lombriz, respondió de manera positiva al tratamiento pues se elevarón los porcentajes de materia organica (1.52%) del suleo, así como la conductividad eléctrica (3.51 dS/m) y la capacidad de intercambio cationico (meq/100 g). Concluyendo que efectivamente, las fracciones líquidas de la composta: té de lombriz y extracto de composta poseen la capacidad de mejorar las propiedades del suelo.

Palabras clave: Agricultura sostenible; biofertilizante; composta; té de lombriz; extracto de composta

Introducción

En los ultimos años se ha venido practicando la agricultura sostenible o de conservación, cimentada en el uso racional de los recursos naturales que intervienen en los procesos productivos y lógicamente excluyendo en lo posible el uso de agroquímicos de síntesis (Delate *et al*., 1999). Por lo anterior, habremos de considerar a la agricultura orgánica como un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos del campo, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica del mismo (FAO, 2011). La biofertilización ofrece una alternativa para la producción oránica, contribuyendo con la colonizacion de microorganismos vivos en superficies de plantas o suelos y

1

promueven el crecimiento al incrementar el suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios a la planta huésped (Claassen y Carey, 2004).

Sin embargo, los biofertilizantes ofrecen mejorar la calidad y los rendimientos de los cultivos sin ser nocivos para el medio ambiente, ya que utilizan métodos microbiológicos (Hernández-Díaz y Chailloux Laffita, 2001). Entre los mismos destaca la composta, que es más la transformacion de residuos orgánicos por métodos biológicos en productos relativamente estables (Claassen y Carey, 2004). La vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas de la materia orgánica que pasa por el tracto digestivo de la lombriz. Al final de los procesos de biotransformación, los productos son considerados como abono y sirven como material que al aplicarse al suelo estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, mejorando las propiedades fisicas del suelo. Las materias primas a la hora de fabricar una buena composta son crusiales, ya que en base a esto y al manejo que se le de al proceso de compostaje, se darán las propiedades físicas y químicas de la composta (Cogger, 2001). Los residuos del cultivo de champiñon, se distinguen por ser ricos en materia orgánica y bien pueden ser compostados para dar un uso efectivo a los desechos generados tras el cultivo. Por todo lo anterior, se ha planteado el objetivo de caracterizar la composta sólida a base de residuos del cultivo de champiñón, y dos fracciones líquidas como té de lombriz y extracto de composta, a travéz de mediciones fisicoquímicas, nutrimentales y microbiologicas con la finalidad de uso como mejorador de suelo.

Materiales y Métodos

El efecto de la aplicación de composta, té de lombriz y extracto de composta a base de residuos del cultivo de champiñón como mejorador de suelo, se evaluaron sobre plantas de tomate variedad Prolyco bajo condiciones de invernadero en las instalaciones del Instituo Tecnológico de Sonora, Campus Nainari, durante las fechas de octubre 2012-enero 2013.

Obtención de las fracciones líquidas de la composta

Para obtener las fracciones líquidas de la composta, se partió de la composta sólida generada por los residuos del cultivo de champiñón (Champosta®), proporcionada por Fertilizantes Nitrogenados y Fosfatados, S. de R.L. de La Barca, Jalisco, México. El té de lombriz se obtuvo del lixiviado de la vermicomposta a la cual su materia prima consistió basicamente del sustrato agotado del cultivo de champiñón sin compostear. El extracto de composta, se obtuvo de un preparado de composta sólida en agua en una relacion 3:10; es decir, por cada 3 Kg de composta sólida se añadierón 10 L de agua común. Esta mezcla se mantuvo en agitación intermitente por 5 días a temperatura ambiente.

Caracterización de la composta sólida y sus fracciones líquidas.

Se evaluarón las características físico-químicas de la composta sólida, té de lombriz y extracto de composta a base de champiñón, según la norma NMX-FF-109-SCFI-2008 que determina las especificaciones y métodos de prueba para vermicompostas.

Composicion mineral.

Se realizó por el método de HACH, según las técnicas establecidas por Alcántar y Sandoval (1999), con ligeras modificaciones ajustadas a la naturaleza de las muestras.

Valoración de la presencia de microorganismos de la composta sólida y sus fracciones líquidas.

Se valoraró la presencia de heterotrofos aerobios y anaerobios, hongos y levaduras, número más probable de *E. Coli, Pseudomonas sp.* y actinomicetos según el manual de análisis recomendados por American Public Health Association –APHA-.

Análisis de suelo.

El suelo utilizado para las pruebas, se obtuvo del block 1107, del Valle del Yaqui, Sonora, México. Se evaluaron los principales parámetros fisicoquímicos para la determinacion de la fertilidad del suelo instituidas por la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. El contenido de macronutrimentos (N, P, K, Ca, Mg) y micronutrimentos (Fe, Mn, Cu) se analizaron con las técnicas establecidas por Alcántar y Sandoval (1999), según el manual de análisis químico HACH en un espectrofotómetro DR-2500 de HACH.

Se trabajó con un esquema de un diseño completamente al azar con prueba de medias de LSD ($p<0.05$), con el paquete estadistico Statgraphic Centurion. Los tratamientos se aplicaron con una frecuencia de 7 días, y se pueden observar en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos de composta, té de lombriz y extracto de composta y sus diferentes dosis de aplicación con una frecuencia semanal.

Experimento 1	Variante	Composta (kg/ha)	Té de lombriz (L/ha)	Extracto (L/ha)	Urea (kg/Ha)
T1E1	Convencional	0	0	0	300
T2E1	Composta	250	0	0	0
T3E1	Composta	300	0	0	0
T4E1	Composta	350	0	0	0
Experimento 2					
T1E3	Composta + Té de lombriz + Extracto	150	1500	1500	0
T2E2	Composta + Té de lombriz + Convencional	150	1500	0	150
T3E2	Composta + Extracto + Convencional	150	0	1500	150
T4E2	Composta + Té de lombriz + Extracto + Convencional	150	1500	1500	150
Experimento 3					
T1E3	Té de lombriz	0	4000	0	0
T2E3	Extracto	0	0	4000	0
T3E3	Té de lombriz + Extracto	0	2000	2000	0
T4E3	Té de lombriz + Convencional	0	2000	0	150
T5E3	Extracto + Convencional	0	0	2000	150
T6E3	Té de lombriz + Extracto + Convencional	0	2000	2000	150

Resultados y Discusión

La materia prima de la composta partió del sustrato agotado del cultivo de champiñón por lo que presenta un contenido importante de materia orgánica (44.5 %) (Cuadro 2). Las variantes de esta composta obtenida fue un extracto de composta (22.85%) y té de lombriz (3.82%), que presentaron un contenido nada despreciable de materia orgánica a excepción de éste ultimo (té de lombriz) que presentó casi 10 veces menos % de materia orgánica comparado con la cómposta sólida de champiñón. La conductividad eléctrica de las compostas oscila entre 0.1 y 10 dS/m (Hashemimajd et *al.,* 2012). Para el caso de la composta a base de champiñón y sus variantes, coinciden con estos valores. Sin embargo, la composta sólida presentó por lo menos 4 unidades más por arriba del nivel máximo mencionado, indicando que está enriquecida con compuestos adecuados para la producción vegetal. La composición mineral de la composta y sus variantes té de lombriz y extracto de composta se presentan en el Cuadro 3. El contenido de N de la composta sólida presento 1.5%, valor que se acerca a lo reportado por Widman *et al.* (2005) estando solo un par de decimas por arriba de su resultado. Por su parte, Ochoa-Martínez y su equipo de trabajo reportaron en el 2009 el contenido de N en composta sólida y extracto de composta, presentando 0.97% y 0.0219%, respectivamente. El fósforo, comparado con los trabajos antes mencionados, estuvieron por arriba de lo reportado cerca de un doble en contenido de P. Lo que convierte a la composta y sus variantes en una alternativa de aplicación como fuente de P. El contendio de microorganismos de las variantes de la composta sólida se presenta en el Cuadro 4. En el caso de los heterótrofos aerobios del té de lombriz, se encontró una concentración de $1.44x10^9$ UFC/ml, siendo esta una concentración considerable para la estimulación de las plantas (Ingham, 2006). En el caso de *Pseudomonas* los valores encontrados fueron de $1.54x10^9$, para Actinomicetos de $7.1x10^6$ y hongos y levaduras de $6.1x10^5$ todas en UFC/ml.

Cuadro 2. Caracterización fisicoquímica de la composta a base de champiñón y sus variantes como té de lombriz y extracto de composta.

	Composta	Té de Lombriz	Extracto de composta
Materia Orgánica (%)	44.50	3.82	22.85
Relacion C/N	25:1	2:0.006	13:0.1
Humedad (%)	30.00	-	-
pH	7.15	7.43	7.48
Conductividad electrica (dS/m)	14.40	10.10	9.16
Cenizas (%)	62.99	1.89	6.53
Carbono Orgánico (%)	25.81	2.22	13.25
Densidad aparente (g/mL)	0.67	1.01	1.04

Cuadro 3. Composición mineral de la composta a base de champiñón y sus variantes como té de lombriz y extracto de composta.

	Composta	Té de Lombriz	Extracto de composta
Nitrógeno (%)	1.5	0.006	0.1
Fósforo (%)	0.85	0.3	0.42
Potasio (%)	1.35	0.1	0.28
Calcio (%)	7.5	0.69	0.42
Magnesio (%)	0.7	0.04	0.11
Cobre (ppm)	280	43.75	260
Fierro (ppm)	2600	263.75	2390
Manganeso (ppm)	3800	12.5	350

El extracto de composta presentó menores cantidades de UFC/mL para todos los microorganismos evaluados. Sin embargo, cabe mencionar que se mostró una cantidad importante de hongos y levaduras. No obstante, el té de lombriz y el extracto de composta se mostró la sanidad deseable puesto que la presencia de *Salmonella* y *E. coli* fue nula. Meenatchi (2008), encontró una carga microbiana en extractos líquidos de vermicomposta o lixiviado, obtenidas de diferentes combinaciones de materiales y con dos tipos diferentes de especies de lombrices (P. excavatus y E. eugeniae) una población bacteriana desde 5 x 10^6 hasta 6.7 x 10^8 ufc/mL, población fúngica desde 1 x 10^3 hasta 1 x 10^4 ufc/mL y población de actinomicetos desde 2 x 10^3 hasta 1.3 x 10^4 ufc/mL. Las poblaciones microbianas mayores estuvieron presentes en el té de lombriz. Sin embargo estos resultados no distan mucho de los obtenidos en el exracto de composta. En el cuadro 5 se muestran los resultados del análisis de suelo previo a la aplicación de tratamientos. Se observa que el suelo contiene 1.04% de materia orgánica y humedad de un 15%, lo que indica que para este tipo de suelo arcilloso provee de agua disponible para la planata. El pH del suelo es neutro. Posee una buena conductividad eléctrica de manera que los suelos aceptables para el crecimiento de cultivos oscila alrededor de 0 a 1.5 dS m^{-1}., por lo que el 0.488 dS m^{-1} del suelo trabajado en este caso cabe dentro del rango publicado en el manual de *The Test Methods for the Examination of Composting and Compost* de la USDA. En cuanto a la disponiblidad de minerales del suelo, se cuenta con una composición aceptable para la aplicación de cultivos en el mismo. En el cuadro 6 se presenta el efecto de los tratamientos a base de composta y sus variantes té de lombriz y extracto de composta en las propiedades fisicoquímicas del suelo. La materia orgánica se mantuvo en un rango de 1 a 1.5%. Se alcanza a percibir que los tratamientos ayudaron a incrementar los porcentajes de MO en la mayoria de los casos. El T4E1, alcanzó 1.34% de MO probablemente se deba a que ese tratamento tenía la concentración mas elevada de composta sólida aplicada en presimbra. El T3E2 fue el mas alto en MO (1.56%), se asume que esta combinación enrqueció al suelo en forma representativa. Caso similiar al T3E3, donde se hace una combinación entre extracto de composta y té de lombriz. La humedad de los suelos depende de su textura; para suelos arcillosos la disponibilidad de agua aparece cuando la humedad del suelo alcanza entre 15 y 30%, según Dorronsoro, 2007. Sin embargo en trabajos reportados por Torrán (2007), se obtuvieron porcentajes de humedad similares a los presentados en el presente trabajo; en todos los tratamientos la humedad se reportó entre 7 y 15%.

Cuadro 4. Valoración microbiológica del té de lombriz y extracto de composta a base de champiñón.

	Té de lombriz	Extracto de composta
	UFC/mL	
Heterótrofos aerobios	$1.44X10^9$	$4.32X10^6$
Heterótrofos anaerobios	$1.59X10^6$	$7.8X10^5$
Pseudomonas	$1.54X10^9$	$3.5X10^4$
Actinomicetos	$7.1X0^6$	$4.4X10^5$
Hongos y Levaduras	$6.1X10^5$	$2.9X10^6$
Salmonella	NP	NP
E. coli	NP	NP

Cuadro 5. Propiedades fisicoqímicas del suelo previo a la aplicación de los tratamientos

Porpiedades fisicoquímicas del suelo	
Materia Orgánica (%)	1.04
Humedad (%)	14.77
pH	7.22
Conductividad electrica (dS/m)	0.488
Capacidad de intercambio cationico (meq/100g)	32.25
Densidad aparente (g/mL)	1.06
Nitrógeno (%)	1.63
Fósforo (%)	0.4
Potasio (%)	1.58
Calcio (%)	1.08
Magnesio (%)	0.44
Cobre (ppm)	157.6
Fierro (ppm)	1699.45
Manganeso (ppm)	236.41

La conductividad electrica incrementó notablemente. Hashemimajd et *al.,* (2012) menciona que la conductividad eléctrica para compostas oscila entre 0.1-10.0 dS/m. Particularmente, en las muestras de suelo analizadas los valores estuvieron dentro del rango mencionado por Hashemimajd. Sin embargo, según la clasificación que maneja la NOM-021-SEMARNAT-2000 agrupa los valores entre 2 y 6 dS/m como suelos de moderadamente salinos a suelos salinos. Cabe mencionar, que la técnica por la que se ha realizado la medición de conductividad eléctrica fue la propuesta por la Norma y hace un conteo general de los cationes y aniones presentes en la pasta de saturación. Sería conveniente hacer pruebas de cationes y aniones solubles para determinar de forma cualitativa la composición de la pasta saturada, y así comprobar que los niveles altos de conductividad eléctrica no solo hacen referencia a la presencia de sales, si no de otros elementos.

La capacidad de intercambio cationico (CIC) previo al trasplante fue de 32.25 meq/100 g de suelo seco. Se puede apreciar que la mayoría de los tratamientos superó esta cifra. Por lo tanto, un suelo con una elevada capacidad de intercambio cationico generalmente aporta más minerales a las raíces. La materia organica posee cargas negativas en la superficie de sus particulas, que al estar en contacto directo con el suelo se une a los cationes como el amonio (NH_4^+) y el potasio (K^+). Esto hace que no se pierdan facilmente por lixiviación, proporcionando una reserva de nutrientes a la planta (Escobar, 2009). De acuerdo a lo anterior, los tratamientos que presentaron niveles superiores de MO, reportaron buenos niveles de CIC.

Cuadro 6. Efecto de los tratamientos a base de composta y sus variantes te de lombriz y extracto de composta en las propiedades fisicoquímicas del suelo.

Tratamientos	Materia orgánica (%)	Humedad (%)	pH	Conductividad Electrica (dS/m)	CIC (meq/100 g)
T1E1	1.04	9.66	7.2	7.61	33.28
T2E1	1.07	6.95	7.27	4.69	34.26
T3E1	1.30	9.21	7.2	4.24	35.09
T4E1	1.39	9.30	7.2	5.27	32.58
T1E2	1.23	10.75	7.2	4.01	34.92
T2E2	1.15	9.55	7.1	5.35	33.66
T3E2	1.56	10.49	7.1	6.17	33.03
T4E2	1.40	9.05	7.1	5.43	36.20
T1E3	1.31	8.98	7.1	3.12	31.11
T2E3	1.24	9.89	7.2	1.95	33.45
T3E3	1.52	9.54	7.2	3.51	34.56
T4E3	1.41	9.68	7.2	2.83	32.90
T5E3	1.00	10.85	7.2	3.65	34.08
T6E3	1.48	15.10	7.2	3.00	34.20

Conclusiones

El efecto de los tratamientos tuvo una respuesta positiva como mejorador de suelo ya que aumentó el contenido de materia organica, asi como la capacidad de intercambio cationico en la mayoria de los casos. El contenido de N se reportó bajo en los niveles para todos los casos, sin embargo estos valores superaron el testigo convencional. Por lo que se recomienda cuidar el manejo de la elaboración del extracto de composta y recircular más veces el té de lombriz.

Bibliografía

Alcántar, G.G. y M. Sandoval. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México. 156 pág.

American Public Health Association –APHA- 2004. Environmental Microbiology. A Laboratory Manual. Second Edition.

Claassen, V.P. y Carey, J.L. 2004. Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. Compost Sci. & Util 12(2):145-152.

Cogger, C.G. 2001. Cómo hacer y usar el compost. Oregon State University. Extension Service. Disponible en: http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf Revisado el 30 de octubre 2012.

Delate, K., C. Cambardella., K. Taylor., B. Burcham. 1999. Comparison of organic and conventional rotations at the Neely-Kinyon Long-Term Agroecological Research (LTAR) site: First year results. Leopold Center for Sustainable Agriculture Annual Report, Iowa State University, Ames, IA.

Dorronsoro. 2007. Introducción a la edafología. Disponible en: http://edafologia.ugr.es Consultado el 30 de junio 2013.

Escobar, H. y R. Lee. 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales CIIA. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. pp. 113-117.

FAO, 2011. Organic Agriculture. Revisado el 27 diciembre 2011. Disponible en: http://www.fao.org/organicag/en/ .

Hashemimajd, K., T. Mohamadi y S. Jamaati-e-Somarin. 2012. Effect of elemental sulphur and compost on pH, electrical conductivity and phosphorus availability of one clay soil. African Journal of Biotechnology. 11: 1425-1434.

Hernandez-Diaz, M.I. y M. Chailloux-Laffita. 2001. La nutrición mineral y la biofertilizacion en el cultivo del tomate (*Licopersicon esculentum* Mill). Temas de Ciencia y Tecnología 5(13):11-27

Ingham, E. 2005. The compost Ta brewing Manual, Latest methods and research 5th ed. Soil Foodweb Incorporated, Oregon, USA.

Meenatchi, R. 2008. Molecular characterization of earthworms, nutrient assessment and use of vermitechnologies in pest management. Doctoral Thesis in Agricultural Entomology of the University of Agricultural Sciences, Dharwad, India. 104 pp.

NMX-FF-109-SCFI-2008. Humus de Lombríz (Lombricomposta). Especificaciones y métodos de prueba.

NOM-021-RECNAT-2000. Norma Oficial Mexicana.que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de los suelos, estudio, muestreo y análisis.

Ochoa-Martínez, E., U. Figueroa., P. Cano., P. Preciado., A. Moreno y D. Rodriguez. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. Revista Chapingo. Serie horticultura 15: 245-250.

Torrán, E. 2007. Impacto de las plantaciones de *Eucalyptus grandis* sobre el contenido de humedad del suelo. Análisis de un caso en el Noroeste de la Provincia de Entre Rios. Tesis de Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Concepción del Uruguay.

Widman, F., F. Herrera., D. Cabanas. 2005. El uso de composta proveniente de residuos sólidos municipales como mejorador de suelos para cultivos en Yucatán. Estudios preliminares. Ingeniería 9: 31-38.

EFECTO DE BIOFERTILIZANTE EN HÍBRIDOS DE MAÍZ ANDROESTERILES Y FÉRTILES DE VALLES ALTOS

Espinosa-Calderón, A.[1*]; Tadeo-Robledo, M.[2]; Alcántar-Lugo, H. J.[2]; Irizar-Garza, M. B. G.[1]; Turrent-Fernández, A.[1]; Zamudio-González, B.[1]; Sierra-Macías, M.[3]; Palafox-Caballero, A.[3]; Martínez-Yáñez, B.[2]; Arteaga-Escamilla, I.[2]; Andrés-Meza, P.[3]; Gómez-Montiel, N.[4]

[1]CEVAMEX, INIFAP. Texcoco, Estado de México, México.
[2]UNAM *campus* Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. México.
[3]CECOT, INIFAP. Veracruz, Veracruz. México
[4]CEIGUA, INIFAP. Iguala, Guerrero, México.

*Autor responsable: espinoale@yahoo.com.mx, Km 13.5 Carretera Los Reyes – Texcoco. Coatlinchan, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56250, Tel. +52(595) 92 1 26 57 y 595 92 1 27 26, extensiones: 184 y 204

Resumen

Como alternativa para elevar la producción de maíz, por el alto costo de los fertilizantes, se promueve la aplicación de biofertilizante, en este trabajo se utilizó Micorriza (*Glomus intraradices*), aplicando en tres híbridos de maíz del INIFAP, para determinar el rendimiento, en las versiones androesteril y fértil, en el ciclo primavera verano 2012, en las localidades de UNAM *campus* Cuautitlán y CEVAMEX, INIFAP. Se evaluó la combinación de los tratamientos con y sin aplicación de micorriza. El diseño fue bloques completos al azar, las siembras se efectuaron en la primera y segunda quincena de mayo de 2012. El análisis estadístico como factorial, consideró los factores principales ambientes, genotipos, androesterilidad, biofertilizante, así como las interacciones entre estos factores. El análisis de varianza detectó para rendimiento diferencias altamente significativas para ambientes y significativas para el factor híbridos, no así para ningún otro factor, incluyendo interacciones. La media de rendimiento fue de 8979 kg ha^{-1} y el C.V. % fue de 17.6%. El mejor ambiente fue la segunda fecha en la UNAM *campus* Cuautitlán (10588 kg ha^{-1}); No hubo efecto de la aplicación de Micorriza en la media del rendimiento (9039 kg ha^{-1}) siendo similar estadísticamente al testigo sin aplicación de micorriza 8919 kg ha^{-1}). El rendimiento más alto lo exhibió H-57 AE1, con 9557 kg ha^{-1}, diferente estadísticamente a H-47 AE (8692 kg ha^{-1}) y H-57 AE2 que rindió 8687 kg ha^{-1}. El rendimiento medio de los híbridos en la media de las versiones androestéril (9107 kg ha^{-1}) y fértil (8850 kg ha^{-1}), fue similar estadísticamente.

Palabras clave: biofertilizante; semillas; androesterilidad

Introducción

En México se siembran anualmente 8.5 millones de hectáreas de maíz, y se genera una producción de poco más de 22 millones de toneladas de grano de maíz; sin embargo, cada año se recurre a la importación de siete millones de toneladas de grano entero de maíz y de tres millones de toneladas de grano quebrado de maíz. Tales niveles de importación se explican, en parte, por el rendimiento medio que se obtiene en el país, que es de 2.8 ton ha^{-1}. Una alternativa para tratar de elevar esos niveles de producción es el uso de variedades mejoradas, entre las que se encuentran los híbridos (Ortiz *et al.,* 2007), aunado al uso de semillas mejoradas, se reconoce que es indispensable acompañar a estas, de una adecuada fertilización, para lograr niveles óptimos de producción.

El uso de semillas mejoradas, fertilizantes y otros agroquímicos, son importantes para avanzar en la productividad agrícola, existe polémica sobre las repercusiones colaterales, por el excesivo uso de fertilizantes químicos a base de nitrógeno, fósforo y otros agroquímicos y las consecuencias de ello, su elevado precio y el impacto ambiental y ecológico. Con el cierre de Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX) y la importación de fertilizantes en México, los precios se han incrementado considerablemente, lo que hace prohibitivo el empleo de fertilizantes químicos. Ante la problemática anterior, la necesidad de incrementar la producción y las limitaciones para la aplicación de fertilizantes químicos, una alternativa que se ha explorado desde hace años en México, es el uso de los biofertilizantes, los cuales se utilizaron en forma extensiva a partir de 1999, a través de la promoción que efectuó el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para aprovechar la disponibilidad de biofertilizantes desarrollados para su aplicación en cultivos como maíz, trigo, sorgo, entre otros cultivos.

En el caso de los inoculantes microbianos se conoce que es necesario hacer una estricta selección de las mejores bacterias u hongos que promuevan el crecimiento vegetal y el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, los biofertilizantes desarrollados en la UNAM a base de las bacterias del género *Azospirillum* aplicados en cultivos de cereales y del género *Rhizobium* en frijol, son productos de años de investigación básica y aplicada, seleccionando los mejores individuos, llamados cepas, de estas especies de bacterias y evaluando su efecto en diferentes variedades y cultivos agrícolas, así como en suelos y climas muy diversos. En México, el uso extensivo de los biofertilizantes para cereales, principalmente maíz, es relativamente reciente. A pesar de que no existen registros estrictos sobre la cantidad de hectáreas beneficiadas con la aplicación de estos productos, principalmente a base de *Azospirillum brasilense* en el maíz, se estima que se rebasa los 2.5 millones de hectáreas.

El interés por el uso de los biofertilizantes ha captado el interés de algunos gobiernos estatales y del titular de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Empero, ante la creciente popularidad de los biofertilizantes, la certificación de éstos por personal altamente calificado es requisito indispensable, pero además es necesario dar certidumbre sobre el desempeño de este insumo, y así evitar que el engaño, acabe con una probable alternativa agrícola en desarrollo. El objetivo de la biofertilización es formar asociaciones de microorganismos – planta, capaces de incrementar la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, así como incrementar la disponibilidad de nutrientes, hacer eficiente la absorción de los mismos (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000; Uribe, 2004).

El interés agronómico de las micorrizas radica en la capacidad de las hifas externas de las raíces infectadas para absorber nutrimentos del suelo y trastocarlos a la parte aérea de las plantas, su efecto repercute tanto en nutrientes móviles y de baja movilidad como cobre y zinc (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000). El beneficio que brinda la asociación hongo-planta es en el crecimiento e incremento de las posibilidades de la toma de nutrientes por las plantas en: los bajos niveles de fósforo asimilable o alta capacidad de fijación de este elemento en el suelo, la alta velocidad en los procesos de fijación en el suelo y sus respectivas pérdidas (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1988).

El objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta en productividad de grano de tres híbridos trilineales de maíz, cada uno en versión androestéril y fértil, ante la aplicación de biofertilizante en comparación con el testigo sin aplicación de biofertilizante.

Materiales y Métodos

Los experimentos se sembraron en el ciclo primavera-verano 2012 en cuatro ambientes, dos en el Campo Experimental de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM *campus* Cuautitlán), a una altitud de 2252 y otros dos en el CEVAMEX, en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP ubicado en Santa Lucía de Prías, a 2240 m de altitud. Los cuatro experimentos se sembraron usando diseño experimental bloques completos al alzar, con cuatro repeticiones, el análisis se efectuó en forma combinada, considerando los factores: ambientes (4), híbridos (3), versión androestéril/fértil (2), tratamientos con y sin biofertilizante (2), así como las interacciones entre estos factores. Cada unidad experimental consistió en un surco de 5 metros de largo por 0.8 metros de ancho.

Los híbridos fueron los híbridos H-57 AE1, H-47 AE y H-57 AE2, desarrollados en el INIFAP, en colaboración con investigadores de la UNAM (Espinosa *et al.*, 2010; Espinosa *et al.*, 2012 b). En los cuatro ambientes la preparación del terreno, consistió de un barbecho, dos pasos de rastra, cruza y surcado a 80 cm. Se empleó la fórmula de fertilización 80-40-00, la cual se aplicó al surcar. Se usó urea como fuente de nitrógeno (46-00-00) y como fuente de fósforo, fosfato diamónico en la UNAM *campus* Cuautitlán y en Santa Lucía de Prías, el superfosfato de calcio triple. Para el presente trabajo se utilizó el biofertilizante producido y comercializado por el INIFAP a base de una micorriza arbuscular. Se colocó en sobres la cantidad de semilla necesaria para sembrar un surco de 5 metros de largo, con un golpe de tres semillas a 50 cm uno de otro, cabe mencionar que está semilla no estaban tratada con ningún tipo de plaguicida.

Las semillas de los tratamientos a los cuales se les aplicaron el biofertilizante fueron preparadas antes de la siembra en el laboratorio de CEVAMEX, colocándoles adherente para el producto comercial y agua, se mezcló mecánicamente hasta tener una mezcla homogénea, y posteriormente se le agrego el biofertilizante a razón de 1 kg de micorriza en 40 kg de semilla, con una proporción de concentración de 40 esporas por gramo, con 85% de colonización radicular, Todo esto evitando el contacto directo con los rayos del sol, justamente como lo indican las instrucciones del producto.

El control de malezas se realizó mediante dos aplicaciones de herbicida durante el ciclo; la primera en preemergencia, un día después de la siembra, con la mezcla de 1.0 L de Hierbamina (2,4 D-amina) más 3.0 kg de Gesaprim (Atrazina) por hectárea. La segunda aplicación, en la UNAM *campus* Cuautitlán, fue 20 días después de la siembra, y en Santa Lucía de Prías; un día después de la segunda escarda; en los cuatro experimentos se aplicó la mezcla de 1.5 L de Sansón (Nicosulfuron 4.19%), más 1.0 L de Hierbamina (2,4 D-amina) más 3.0 kg de Gesaprim (Atrazina), por hectárea. El número de días a floración masculina y femenina se registró cuando el 50% de las plantas de cada parcela estaba liberando polen, en el caso de las versiones fértiles y cuando se había expuesto la espiga en el caso de las versiones androestériles; la floración femenina se registró cuando igual porcentaje de plantas habían expuesto los estigmas en por lo menos 3 cm.

La cosecha se realizó en los cuatro experimentos a fines de noviembre de 2012. Se cosecharon todas las mazorcas, de la unidad experimental, con más de 60% de semillas sanas y atractivas comercialmente. En una muestra de cinco mazorcas se midió el porcentaje de humedad de la semilla (mediante un determinador de humedad electrónico Stenlite), el porcentaje de grano (resultado de dividir el peso de grano entre el peso de la mazorca y el cociente multiplicado por 100), la longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, granos por hilera. La altura de planta se midió desde al ras del suelo la parte final de la espiga. La altura de la mazorca se midió desde el ras del suelo hasta el nudo nudo donde se inserta la mazorca superior en una muestra de cinco plantas, en ambos casos el dato se tomó antes de la cosecha. Finalmente se estimó el rendimiento de grano (kg ha^{-1}) al 14% de humedad, mediante la fórmula:

Rendimiento = (PC x % MS x % G} x FC)/8600, donde:

PC = peso de campo del total de mazorcas cosechadas por parcela expresado en kilogramos.

% MS = porcentaje de materia seca; calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas, se obtuvo con un determinador eléctrico Stenlite, restando a 100 la humedad para obtener el porcentaje de materia seca.

% G = porcentaje de grano, obtenido como el cociente peso de grano/peso de mazorca.

FC= Factor de conversión para obtener rendimiento de grano por ha^{-1}; y 8600= es un factor para estimar el rendimiento de grano al 14% humedad; requerida cuando se comercializa semilla.

El análisis estadístico de forma combinada, consideró los factores: Ambientes (A), genotipos (G); versiónes androestéril/fértil (AE/F); aplicación de biofertilizante (B); así como todas las interacciones. En la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza detectó para rendimiento diferencias altamente significativas para ambientes y significativas para el factor de variación híbridos, no así para ningún otro factor de variación e interacciones. Para todas las variables evaluadas, para el factor de variación, ambientes, se detectó diferencias altamente significativas. Para el factor de variación híbridos se detectó diferencia altamente significativa para altura de planta y significativa para longitud de mazorca y granos por mazorca. La media de rendimiento fue de 8979 kg ha^{-1} y el C.V. % fue de 17.6%.

El ambiente donde hubo mejor rendimiento, correspondió a la UNAM *campus* Cuautitlán, en la segunda fecha de siembra, en la primera quincena de mayo (10588 kg ha^{-1}); este rendimiento fue diferente a los otros tres ambientes, en los cuales hubo diferencia en la comparación de medias (Cuadro 1).

En la comparación de medias entre híbridos, rendimiento más alto correspondió a H-57 AE, con 9557 kg ha^{-1}, diferente estadísticamente a H-47 AE (8692 kg ha^{-1}) y también diferente estadísticamente a H-57 AE2 que rindió 8687 kg ha^{-1}(Cuadro 2), estos genotipos fueron desarrollados en el programa de mejoramiento genético y producción de semillas del CEVAMEX, INIFAP y son resultado de trabajos con el esquema de androesterilidad que se realiza con investigadores de la UNAM *campus* Cuautitlán desde 1992, en los cuales ya se liberó el primer híbrido producto de la investigación pública en México con androesterilidad en sus progenitores (Espinosa *et al.,* 2012 a y b; Espinosa *et al.,* 2011).

Cuadro 1. Comparación de medias de cuatro ambientes de evaluación considerando la media de tres híbridos de maíz en sus versiones Fértiles y Androestériles, bajo aplicación de Biofertilizante y sin Biofertilizante. Primavera – Verano 2012.

Ambiente	Rendiento. (kg ha^{-1})	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Hileras por Mazorca	Granos por Hilera	Granos por Mazorca
F2 FESC	10588 a	80 a	81 a	234 c	121 c	14.8 b	16 a	30 ab	490 a
F1 FESC	9457 b	76 b	77 b	258 b	141 a	15.9 a	16 a	31 a	495 a
F2 CEVAMEX	9160 b	75 c	76 c	254 b	129 b	14.6 b	15 b	32 a	480 a
F1 CEVAMEX	6710 c	75 bc	77 b	268 a	127 bc	14.9 b	15 b	29 b	456 b
D.M.S.H. (0.05)	840	0.8	0.9	9	6	0.6	0.4	1	21

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 2. Comparación de medias para tres híbridos de maíz en sus versiones Fértiles y Androestériles considerando la media de la aplicación de Biofertilizante y sin Biofertilizante, evaluados en cuatro ambientes. Primavera – Verano 2012.

Genotipo	Rendimiento. (kg ha^{-1})	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Hileras por Mazorca	Granos por Hilera	Granos por Mazorca
H-57 AE1	9557 a	77 a	78 a	249 b	124 b	15.4 a	15 ab	31 a	483 ab
H-47 AE	8692 b	76 a	77 b	258 a	145 a	15.0 ab	16 a	31 a	491 a
H-57 AE2	8687 b	76 a	78 b	254 ab	120 c	14.7 b	15 ab	30 a	467 b
D.M.S.H. (0.05)	663	1	1	7	4	0.49	0.4	1	17

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En la comparación de medias para las versiones androestériles y fértil, para rendimiento, la media de los híbridos en la versión androestéril (9107 kg ha^{-1}) y fértil (8850 kg ha^{-1}), fue similar estadísticamente (Cuadro 3). Aún cuando se esperaba que hubiese cierta diferencia entre estas versiones como en trabajos previos, en los cuales la versión androestéril propicia un mayor rendimiento, por no gastar fotosintatos en la formación de granos de polen (Tadeo*, et al*., 2010).

La comparación de medias de mayor importancia del trabajo de investigación, por ser la parte medular que se prueba, es la respuesta a la aplicación de biofertilizante, con base al objetivo del trabajo que es "Determinar la respuesta en productividad de grano de tres híbridos trilineales de maíz, cada uno en versión androestéril y fértil, ante la aplicación de biofertilizante en comparación con el testigo sin aplicación de biofertilizante". En el cuadro 4, se presenta la comparación de medias para el tratamiento con y sin biofertilizante, se observa que ambos tratamientos presentaron rendimientos cercanos, donde el rendimiento del tratamiento con biofertilizantes fue 9039 kg ha$^{-1,}$ similar estadísticamente al rendimiento sin biofertilizante (8919 kg ha^{-1}). El rendimiento similar con y sin aplicación de biofertilizante, podría haber sido influenciado por la fertilización que se aplicó previa a la siembra, con fertilizante convencional, esta ausencia de respuesta al biofertilizante la han reportado otros trabajos (Díaz-Franco, 2008; Aguirre, *et al.,* 2012; Espinosa*, et al.,* 2012 a), lo que es contrario a otros trabajos como el de (Cruz-Chavez, 2007), quien reporta incrementos de 21% en rendimiento en la Depresión Central de Chiapas, en dos parcelas de maíz criollo de 2,990 kg ha^{-1} en el testigo y de 3,646 kg ha^{-1} en las parcelas tratadas con *Glomus intraradices.* Tampoco coincide con Arredondo*,* Luévanos y Aguirre-Medina, (2003) quienes encontraron incrementos del 11% en el rendimiento de grano de maíz con la biofertilización de *A. brasilense y Glomus intraradices* en comparación con el testigo.

Los resultados de este trabajo también contrastan con lo que reporta (Grageda-Cabrera, 2008), con rendimientos de maíz de 9,336 kg ha^{-1} en el tratamiento testigo y de 10,069 kg ha^{-1} para parcelas biofertilizadas con micorriza, con una diferencia del 8%. En forma un tanto similar (González-Camarillo, 2010), en el estado de Guerrero en dos parcelas de validación con el híbrido de maíz H - 565 y la dosis de fertilización de 90-60-00 aplicada al testigo y a parcelas tratadas con micorriza INIFAP, reporta rendimientos promedio de 6,900 kg ha^{-1} para el testigo y 7,700 kg ha^{-1} para el tratamiento con micorriza; esta diferencia representa 11% más de rendimiento mediante el empleo de la micorriza INIFAP. Lo anterior señala la conveniencia de verificar en siguientes ciclos los resultados obtenidos con los maíces androestériles y fértiles, con un manejo de otras fechas de siembra, así como combinaciones de tratamientos fertilizantes, donde pudiese expresarse el efecto de *Glomus intraradices*, pero sobre todo para tener mayor información de la respuesta a este biofertilizante.

La comparación de medias (Tukey 0.05) para la aplicación de biofertilizante y el testigo, en las otras variables, mostró similar comportamiento, es decir fueron iguales estadísticamente con y sin aplicación de biofertilizante, lo que señala que la aplicación de biofertilizante no tuvo un efecto en la expresión de cada una de las variables medidas (Cuadro 4).

Cuadro 3. Comparación de medias para la versión Fértil y Androestéril considerando la media de tres híbridos con aplicación y sin aplicación de biofertilizante, evaluados en cuatro ambientes. Primavera – Verano. 2012.

Versión Androesteril/ Fértil	Rendimiento (kg ha^{-1})	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Hileras por Mazorca	Granos por Hilera	Granos por Mazorca
Androestéril	9107 a	77 a	78 a	250 b	130 a	15.1 a	16 a	31 a	484 a
Fértil	8850 a	76 b	77 b	257 a	129 a	14.9 a	16 a	30 b	477 a
D.M.S.H. (0.05)	451	0.4	0.5	5	3	0.4	0.2	0.6	11

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Cuadro 4. Comparación de medias de aplicación de biofertilizante y sin aplicación, considerando la media de tres híbridos en sus versiones Fértiles y Androestériles, evaluados en cuatro ambientes. Primavera – Verano 2012.

Biofertilizante/ Testigo.	Rendimiento (kg ha^{-1})	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Hileras por Mazorca	Granos por Hilera	Granos por Mazorca
Con Biofertilizante	9039 a	76 a	77 b	255 a	130 a	15.1 a	15 a	31 a	479 a
Sin Biofertilizante	8919 a	76 a	78 a	252 a	130 a	14.9 a	15 a	31 a	482 a

D.M.S.H. (0.05)	451	0.4	0.5	5	3	0.3	0.2	0.6	11

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Conclusiones

El mejor ambiente fue la segunda fecha en la UNAM *campus* Cuautitlán; No hubo efecto de la aplicación de Micorriza en la media del rendimiento (9039 kg ha^{-1}) siendo similar estadísticamente al tratamiento testigo sin aplicación de micorriza (8919 kg ha^{-1}). El rendimiento más alto lo exhibió H-57 AE1 con 9557 kg ha^{-1}, diferente estadísticamente a H-47 AE2, y diferentes estadísticamente a H-57 AE2, que rindió 8687 kg ha^{-1}. El rendimiento medio de los híbridos en la media de la versión androestéril (9107 kg ha^{-1}) y fértil (8850 kg ha^{-1}) fue similar estadísticamente.

Agradecimientos

Se reconoce el apoyo económico del Proyecto UNAM PAPIIT: IT201312.

Bibliografía

Aguirre-Medina J.F., Durán-Prado A., Peña del Río A., Grageda-Cabrera O. y Irizar-Garza M.B.G.2012. Micorriza INIFAP: Biofertilizante para el Campo Mexicano. In: Aguado-Santacruz, G.A.(ed.). Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. INIFAP/SAGARPA. México, pp.219-240.

Alarcón, A Y Ferrera-Cerrato, D. 1988. Biofertilizantes: Importancia y Utilización en la agricultura. Agricultura Técnica en México. Vol. 26(2): 191-203.

Alarcón A. y R. Ferrera –Cerrato (eds.). 2000. Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi Prensa. México. 251 p.

Arredondo, V.C., Luévanos, A. y Aguirre-Medina, J.F. 2003. Azospirillum y micorriza, complementos a la fertilización del maíz en los Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales del Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Folleto Técnico Núm. 3. Oaxaca, México.

Díaz-Franco.A., Salinas, G.J., Garza, C.I. y Mayek, P.N. 2008. Impacto de labranza e inoculación micorrízica arbuscular sobre la pudrición carbonosa y rendimiento de maíz en condiciones semiáridas. Rev. Fitotec. Mex. 31:257-263.

Espinosa C., A., Tadeo R., M., Zamudio G., B., Turrent F., A., Arteaga E., I., Trejo P., V., Martínez Y., B., Canales I., E., Zaragoza E., J., Sierra M., M., Gómez M., N., Valdivia B., R., Palafox C., A. 2012. Rendimiento de cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil bajo diferentes densidades de población. Ciencias Agrícolas Informa, 21: 78-85.

Espinosa C.A., Tadeo R.M., Irizar G.M.B., Turrent F.A., Martínez Y.B., Gómez M.N., Sierra M.M., Palafox C.A., Rodríguez M.F.A., Zamudio G.B., Arteaga E.I., Canales I.E.I., Valdivia B.R., Alcántar L.H.J. 2012 a. Efecto de la aplicación de micorriza en semilla de diez híbridos de maíz de valles altos. Memoria de la reunión nacional de investigación e innovación pecuaria agrícola forestal y acuícola-pesquera 2012. México.

Espinosa C. A., Tadeo R. M., Montiel G., N. O., Virgen V., J., Sierra M., M., Palafox C., A., Zamudio G., B., Arteaga E., I., Canales I., E.I., Martínez Y., B., Vázquez C., G., Valdivia B., R. 2012 b. H-57 AE: híbrido de maíz para Valles Altos con esterilidad masculina para producción de semilla, Memoria Técnica No. 13. Campo Experimental Valle de Mexico., Vol.13, pag.41-44. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México, México.

González-Camarillo, M. 2010. Informe del Proyecto Transferencia de Tecnología en Biofertilizantes-SAGARPA-FIRCO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional de Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala. Iguala, Gro.

Ortiz C., J., R. Ortega P., J. Molina G., M. Mendoza R., M. C. Mendoza C., F. Castillo G., A. Muñoz O., A. Turrent F., A. Kato-Yamakake. 2007. Análisis de la Problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de acción. Grupo Xilonen, Universidad Autónoma Chapingo- Colegio de Postgraduados-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chapingo, México. 29 p.

Uribe, V. G. 2004. Los Biofertilizantes en la Producción de Maíz en Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Sureste. Campo Experimental Uxmal. Folleto Técnico. pp. 27.

Tadeo R., M., Espinosa C., A., Serrano R., J., Sierra M., M., Caballero H., F., Valdivia B., R., Gómez M., N., Palafox C., A., Rodríguez M., F. A., Zamudio G., B. 2010. Productividad de diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en dos híbridos de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1 (3 y 1): 273-287.

ESTIÉRCOL BOVINO Y AGUA RESIDUAL EN LA DISPONIBILIDAD DE POTASIO Y NITRÓGENO TOTAL EN SUELOS

Flores Margez, J. P.*; Pérez Soto, R. I.; Contreras Santana, L. E.; Corral Díaz, B.; Osuna Ávila, P.; Olivas Enríquez, E.

Universidad Autónoma de Cd Juárez, Chihuahua, México

*Autor responsable, Juflores@uacj.mx, Anillo envolvente del PRONAF y calle Estocolmo s/n, Zona PRONAF, Cd Juárez, Chih, México. CP 32310; 656 395-9420

Resumen

El uso inadecuado del estiércol bovino como abono orgánico y aguas residuales como fuente de riego, representan un riesgo serio a la calidad del suelo en el Valle de Juárez, Chihuahua, principalmente debido al desconocimiento de la disponibilidad de nutrientes en los suelos y carga nutrimental aportada. El objetivo fue evaluar el efecto del estiércol y agua residual sobre la disponibilidad del potasio. El experimento se realizó bajo condiciones de campo, evaluando tres tipos de suelo (arcilla, franco y arenoso), dos tipos de agua de riego (potable y residual tratada) y dos dosis de estiércol (0 y 50 t ha^{-1}). Los suelos presentaron una concentración de potasio de 0.315 a 1.255 cmol kg^{-1}, clasificada de mediana a alta. El estiércol presentó 12.83 g kg^{-1} de potasio, y con la aplicación de 50 t ha^{-1} aumento 0.883 cmol kg^{-1} la concentración de potasio del suelo. Los factores dosis de estiércol y tipo de suelo afectaron significativamente la concentración de potasio y nitrógeno total. La mayor concentración de potasio se encontró para los tratamientos en suelos francos y arcillosos, con estiércol, mientras que la más baja fue en suelo arenoso sin estiércol independientemente del tipo de agua usada.

Palabras clave: abono orgánico; potasio; texturas de suelo; agua residual

Introducción

La calidad de los suelos y la producción de alimentos pueden ser impactados por el agua residual y el estiércol de bovino, los cuales son recursos valiosos pero que requieren ser utilizados con información técnica que permita su apropiada utilización y evitar contaminación al ecosistema. La situación de estos factores en la Republica Mexicana muestran que el volumen de aguas residuales a nivel nacional provienen de 2 132 plantas de tratamiento que producen 93.6 m^3/s (CNA, 2010), de los cuales 3 m^3/s se generan en Ciudad Juárez, Chihuahua que corresponden a 91 millones m^3 anualmente (Flores *et al.,* 2013). El agua residual tiene impacto tanto positivo debido a la aportación de nutrientes y materia orgánica al suelo, como negativos al aportar patógenos como *Cryptosporidum y Giardia* y compuestos químicos con potencial efecto en la salud ambiental (Olivas *et al*., 2013; Di Giovanni *et al.,* 2006).

Con respecto a la generación de abonos orgánicos en México, se ha observado que existe un volumen considerable en varias regiones del País, por ejemplo la estimación de estiércol de ganado bovino de leche y carne es de 3.8 millones de toneladas por año, con base en 34 kg de estiércol por día y una población de 30 millones de vientres (SAGARPA, 2007). Una de las cuencas lecheras más grandes de México es la Región Lagunera, donde se generan 49 mil toneladas de estiércol seco

mensuales derivada de 500 mil cabezas de bovino lechero (Salazar *et al.,* 2007). La utilización de estiércol bovino es una práctica común en los sistemas de producción agrícola que tienen la posibilidad de disponer de estos, sin embargo los agricultores carecen de información adecuada para su aplicación óptima, es decir la problemática se enfoca a que los estiércoles siguen aplicándose "*al tanteo"* (Flores *et al.,* 2008), lo cual también tiene impacto en su utilización en cultivo de hortalizas. Las dosis utilizadas en experimentos han variado, Vásquez *et al*., (2011) encontraron que la aplicación de 40 t/ha de estiércol solarizado promovió el mayor rendimiento de chile jalapeño, mientras que al aplicar 80 t/ha se aumentó significativamente el contenido de materia orgánica y nitratos del suelo, así también elevo la conductividad eléctrica del suelo.

Los estiércoles son materiales muy distintos química y físicamente, tienen en común que su utilización apropiada como fertilizantes orgánicos y mejoradores de suelos pero depende del porcentaje de descomposición de sus estructuras orgánicas (Flores, 2007; Flores *et al.,* 2002; Jarvis et al., 1996). Es decir, la tasa de mineralización del nitrógeno y fosforo orgánicos es la clave para el cálculo de dosis apropiadas sin afectar el ambiente (Stanford y Smith, 1972). Egrinya *et al*., (2011) evaluaron el efecto de la aplicación de estiércoles de pollo, cerdo, avestruz y ganado vacuno sobre la mineralización de cationes como el Ca, Mg y K, en dosis de estiércol de hasta 300 kg de N ha^{-1}. Se incubaron bolsas de polietileno abiertas para permitir la aireación durante ocho semanas a 25°C. Observaron un incremento en que la conductividad eléctrica cantidad que vario para los citados abonos orgánicos. El potasio varió significativamente, tanto por el tipo de suelo como por el estiércol aplicado. Una subestimación de la dosis de estiércol puede ocasionar deficiencia de nutrientes por el cultivo y una reducción en rendimiento y calidad del producto. Por el contrario, una sobre-estimación de la dosis conduce a exceso de nutrientes, toxicidad al cultivo y contaminación del suelo y agua (Flores, 2007).

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del estiércol y agua residual sobre la disponibilidad del potasio y las características fisicoquímicas de los suelos, para así contribuir con datos que sirvan de referencia para un manejo adecuado de estos, en base a la disponibilidad de elementos como el potasio.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó de Marzo a Septiembre de 2010 con la finalidad de estar acorde al ciclo agrícola Primavera-Verano de mayor actividad agrícola del Valle de Juárez, Chihuahua. El experimento se llevo a cabo en las instalaciones del Instituto de Ciencias Biomédicas de la UACJ. Este sitio se consideró favorable porque represento condiciones de campo en el que las fracciones de suelo utilizadas se exponen a cambios de humedad, temperatura del suelo, y existe un intercambio natural de gases en la solución del suelo.

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Los factores y niveles fueron: tres tipos de suelo (arenoso, franco, arcilloso), dos tipos de agua de riego (potable y residual tratada) y dos dosis de estiércol (0 y 50 t ha^{-1} , la unidad experimental consistió en cilindros de aluminio de 5 cm de diámetro por 15 cm de altura. Se realizo análisis de alcalinidad, salinidad, textura, nitrógeno inorgánico, NTK, fosforo inorgánico del suelos La medición del potasio disponible mediante fue con el método NH_4OAc 1N pH 7 (Aguilar *et al*., 1887). El análisis estadístico fue con el paquete SPSS versión 17.0, para un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2x2, se realizaron comparación múltiple de la diferencia mínima significativa (DMS), análisis de varianza y correlaciones entre las variables.

Resultados y Discusión

El pH de los suelos vario entre 8.16 a 8.44 y la salinidad de 0.3 a 5 dS/m. La suma de NH_4^+ + NO_3^- vario de 3.8 a 21.3 mg/kg, el P Olsen fue de 4 a 34 m, el suelo arenoso fue bajo y los otros suelos muy altos mg/kg y el contenido de K intercambiable vario de 0.31 a 1.25 cmol kg^{-1} (116.30 a 487.95 mg kg^{-1}) considerado de medio a alto. El contenido de materia orgánica estuvo entre 0.7 a 1.42%). El

contenido de potasio en el extracto de estiércol fue de 12.8 g kg^{-1} y pH fuertemente alcalino. Se detecto diferencia significativa entre suelos para todas las variables (K, NTK, CE, pH y humedad del suelo).

El factor dosis de estiércol mostró diferencia significativa para las variables citadas ($p>0.05$), con excepción del pH. El agua de riego presentó diferencia significativa para conductividad eléctrica del suelo($p>0.05$), mientras que la interacción agua x estiércol solo presento efecto significativo para pH del suelo. Las interacciones suelo x estiércol, agua x estiércol, y suelo x estiércol x agua no mostraron efecto significativo. La concentración promedio de K fue mayor estadísticamente para el suelo de textura arcillosa seguido del suelo franco, esto debido quizás a una mayor actividad microbiana. La comparación de promedios para las mismas variables indicadas en todos los tratamientos muestran que los tratamientos con mayor K intercambiable fueron el 3, 4, 7 y 8 que corresponde a suelo arcilloso y/o franco con estiércol (50 t ha^{-1}) e irrigado con agua residual o potable (Cuadro 1).

El aumento de K intercambiable coincidió con las características del suelo arcilloso y franco, la adición de estiércol, y el tipo de agua, mientras que los tratamientos que mostraron menor concentración de potasio fueron los tratamientos 9 y 10 con la combinación de suelo arenoso, sin estiércol y agua potable o residual.

Los tratamientos donde se registró mayor concentración de NTK fueron para el 3 y 4 que corresponden al tipo de suelo arcilloso, con estiércol y con agua de la llave y negra, mientras que el tratamiento más bajo fue el tratamiento 9 con suelo arenoso, sin estiércol y agua de la llave. Las diferencias entre los suelos con y sin estiércol para la concentración de K intercambiable variaron de 1.284 a 2.5 cmol kg^{-1} al aplicarse las 50 t ha^{-1} de estiércol.

El suelo arcilloso presentó una diferencia de 0.93 cmol kg^{-1} de K con y sin estiércol, mientras que el efecto de la aplicación del agua potable permitió agregar solo 0.05 cmol kg^{-1} de potasio a la solución, aun cuando el contenido de potasio en el agua potable era cuatro veces menor que el agua tratada. El suelo Franco mostro una variación de 1.284 a 2.204 cmol K $kg^{-1.}$ mientras que en el suelo arenoso la diferencia entre el tratamiento sin estiércol y con las 50 t ha^{-1} fue de 0.87 cmol K kg^{-1}.

La mayor retención de humedad y capacidad de intercambio iónico en los suelos arcilloso y franco puede explicar el aumento de K intercambiable. La Figura 1 muestra que existe una tendencia de aumento en la concentración de K intercambiable a medida que aumenta la concentración de NTK en las 48 unidades experimentales evaluadas en este estudio. La ecuación indica que el K aumenta 0.89 mg kg^{-1} por cada unidad de incremento en el NTK del suelo (mg kg^{-1}), aunque es importante destacar que tanto la fracción mineral del suelo como las aportaciones de materia orgánica a través del estiércol en suelos de texturas extremas (arenoso a arcilloso) y manejados con calidades de agua extremas (llave a residual) reflejan un aumento notable de la fertilidad de los suelos, destacando la disponibilidad de potasio para las plantas.

De manera similar, se observo una tendencia de aumento en la concentración de K intercambiable conforme se incrementa el contenido de P Olsen en el suelo.

Conclusiones

La aplicación de estiércol aumento significativamente la concentración de potasio y nitrógeno total pero no afecto el pH del suelo. Los suelos presentaron una concentración de potasio de 0.315 a 1.255 cmol kg^{-1}, clasificada de mediana a alta. El estiércol presentó 12.835 g kg^{-1} de potasio, y con la aplicación de 50 t ha^{-1} aumento 0.883 cmol kg^{-1} la concentración de potasio. Los factores dosis de estiércol y tipo de suelo afectaron significativamente la concentración de potasio.

Se detectó una correlación positiva entre el K intercambiable y la concentración de nitrógeno total, así también la concentración de K intercambiable se incremento con el contenido de P Olsen en el suelo.

Cuadro 1. Promedios para la combinación de tratamientos de los factores en estudio suelo-estiércol-agua en las variables de suelo evaluadas.

Tratamiento Suelo-Estiércol-Agua	**K Cmol kg^{-1}**	**NTK (mg kg^{-1})**	**pH**	**CE (dS m^{-1})**
1.Arcilla – 0 – Llave	1.521 b	832.6 cd	8.40 a	5.124 bc
2.Arcilla – 0 – Negra	1.568 b	801.4 cd	8.42 a	4.874 bc
3.Arcilla – 50 – Llave	2.5 a	1140.0 a	8.41 a	5.367 ab
4.Arcilla – 50 – Negra	2.453 a	1112.5 a	8.45 a	5.596 a
5. Franco - 0 – Llave	1.346 b	933.6 bc	8.22 c	2.907 ef
6. Franco - 0 – Negra	1.284 b	885.8 c	8.35 b	3.53 e
7. Franco - 50 – Llave	2.204 a	992.5 abc	8.34	3.864 de
8. Franco - 50 – Negra	2.125 a	1089.3 ab	8.36 b	4.494 cd
9. Arena – 0 – Llave	0.421 c	457.7 e	8.33 b	2.498 f
10. Arena – 0 – Negra	0.437 c	488.6 e	8.46 a	2.856 ef
11. Arena – 50 – Llave	1.303 b	690.4 d	8.46 a	2.912 ef
12. Arena – 50 – Negra	1.292 b	861.9 c	8.35 b	4.179 de

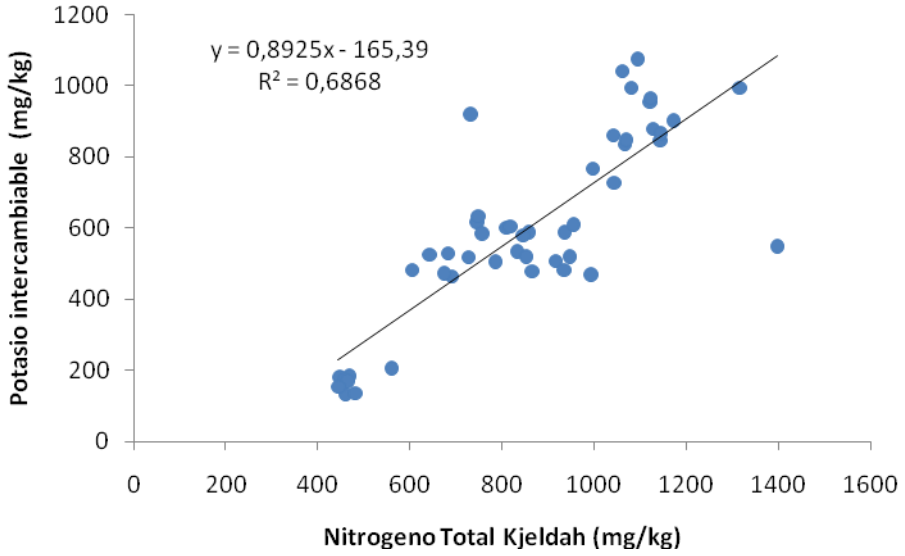


Figura 1. Correlación entre el contenido de NTK y la concentración de K intercambiable del suelo al final del experimento.

Bibliografía

Aguilar, S.A., J.D. Etchevers D. y J.Z. Castellanos R. 1987. Análisis químico paraevaluar la fertilidad del suelo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Publicación especial No.1, 217 p.

C.P. (Colegio de Postgraduados),2006. Manual de procedimientos de laboratorio, Montecillo estado de México. 20 p.

CNA (Comisión nacional del Agua). 2010. Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2010. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Acceso el 15 de Junio de 2013: www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua31.html.

Di Giovanni, G.D., Betancourt W.Q, Hernandez J, Assadian NW, Flores JP.,M. y Jaramillo E.L. 2006. Investigation of potential zooanthroponotic transmission of cryptosporidiosis and giardiasis through agricultural use of reclaimed wastewater. Int. J. of Environ. Health Res., 16(6), 405-418.

Egrinya Eneji, A.; Irshad, M.; Honna, T.; Yamamoto, S.; Endo, V.; Masuda, T. 2003 Potassium, Calcium, and Magnesium Mineralization in Manure-Treated Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34(11-12): 1669-1679.

Flores, M.J.P., E. Jaramillo L., N. W. Assadian, G. D. Di Giovanni, F. Pérez C., and Manoj K. Shukla. 2013. Heavy Metals in Oat and Soil Treated with Lime-Stabilized Biosolids and Reclaimed Wastewater, accepted for publication in: Journal of Environmental & Analytical Toxicology.

Flores, M.J.P., B. Corral D. y G. Sapien M. 2007. Mineralización de nitrógeno de biosolidos estabilizados con cal en suelos agrícolas. *Terra Latinoamericana:* 25(4), 409-417.

Flores, M.J.P., V. Sotomayor V. y B. Corral D. 2008. Nitrógeno mineralizable de estiércol bovino lechero en suelo cultivado con algodonero. *Ciencia en la Frontera*: revista de ciencia y tecnología de la UACJ., 6,119-131.

Flores, M.J.P. 2007. Resinas de intercambio iónico para evaluar la mineralización de nitrógeno en suelos tratados con abonos orgánicos. p.386-412. *In*: Salazar et al. (Eds). Uso de abonos orgánicos e inocuidad. Sociedad Mexicana de la ciencia del Suelo, CONACYT.

Flores, M.J.P., R.P. Flynn, W.C. Lindemann, and M. Remmenga. 2002. Total nitrogen content of dairy manures in New Mexico. New Mexico State University, College of Agriculture and Home Economics, Agricultural Experiment Station. Las Cruces, NM. Bulletin 785. 16 p.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale y W.L. Nelson. 1999. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management". 6 th. Ed., Prentice Inc. Upper saddle River, N.J.499 p.

Jarvis, S.C., E.A. Stockdale, M.A. Shepherd y D.S. Powlson. 1996. Nitrogen mineralization in temperate agricultural soils: processes and measurement. p.188-235. In D.L. Sparks (ed.) Advances in Agronomy. Vol 57. Academic Press, Inc. New York, NY.

Olivas, E. E., J.P. Flores M., G. Di Giovanni, B. Corral D. y P. Osuna A. 2013. Indicadores fecales en agua potable del Valle de Juárez, Chihuahua, México". Terra Latinoamericana, 31, 135-143.

Salazar, S. E., E. H. I. Trejo E., C. Vázquez V., (2007). "Producción de maíz bajo riego por cintilla con aplicaciones de estiércol bovino". Revista Internacional de Botánica Experimental, 76, 169-185.

SAGARPA, SIAP. (2007). Resumen Nacional de población ganadera y superficie sembrada en México en 2005. Acceso Junio 2013, www.siap.gob.mx.

Stanford, G. y S.J. Smith. (1972). "Nitrogen mineralization potentials of soils". Soil Sci. Soc.Am. Proc. 36, 465-472.

Vázquez, V.C., J.L. García H., E. Salazar S., J.D. Lopez M., R. D. Valdez C., I. Orona C., M.A. Gallegos R. y P. Preciado R. (2011). "Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (Capsicum annum L.)". Revista Chapingo serie Horticultura, 17, Horticultura, 17 (especial), 69-74.

DINÁMICA DE COMPUESTOS NITROGENADOS CON RELACIÓN A LA PROPORCIÓN DE NITRÓGENO (NH_4^-/NO_3^-) EN LA SOLUCIÓN NUTRITIVA EN *Physalis peruviana* L.

Méndez Merino, E.[1*]; Alcántar Gonzáles, G.[2]; Sandoval Villa, M.[2]; Curiel Rodríguez, A.[3]

[1]Estudiante de Postgrado. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.
[2] Profesor investigador. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Texcoco, Estado de México. México.
[3]Profesor. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

*Autor responsable: eduardo.mendez@colpos.mx; Calle Chimalhuacán Núm. 55, Col. Lomas de Cristo, Ciudad, Estado. País. CP 56250; Tel. +52(595)-101-2912

Resumen

En julio de 2012 se estableció un experimento en un invernadero del área de nutrición vegetal del Colegio de Postgraduados. El experimento consistió en establecer bajo el diseño de bloques al azar el cultivo *Physalis peruviana* L. en hidroponía bajo diferentes relaciones NH_4^+/NO_3^- con la finalidad de evaluar la cuantificación de N-Total, N-NO_3^- y N-Reducido en 4 muestreos para su uso como herramienta de diagnóstico nutrimental. Adicionalmente se midió el rendimiento (número de frutos). Se realizó el análisis de varianza correspondiente, pruebas de comparación de medias de Tukey (α = 0.05), pruebas de correlación entre cada variable con el rendimiento. Respecto de las mediciones de nitrógeno, solo hubo diferencias estadísticas en la variable N-Reducido; a 39 ddt T2 (1.59 %) fue estadísticamente superior a T1 y T3 (1.24 % y 1.41 %, respectivamente), y a 108 ddt T1 (1.36 %) resultó estadísticamente superior a T2 (1.1 %) y T3 (1.24%). El rendimiento expresado como número de frutos no manifestó significancia al 0.05 % (Tukey) correlacionado con N-Total, N-NO_3^- y N-Reducido en cada uno de los cuatro momentos de muestreo. Finalmente considerando la variación durante los cuatro muestreos se concluyó que la medición de N-Total es el indicador menos variable (15.885 %) vs N-NO_3^- (66.047 %) y N-Reducido (23.509 %) y por tanto más confiable para usarse con fines de diagnóstico nutrimental en el cultivo de *Physalis peruviana* L. en sistemas hidropónicos y condiciones de manejo similares.

Palabras clave

Nitrógeno; Dinámica nutrimental; diagnóstico nutrimental

Introducción

El cultivo de *Physalis peruviana* L. “Uchuva, Cape Gooseberry” es de importancia reciente en México, sin embargo no existe suficiente información referente a su nutrición mineral. Se sabe que crece, desarrolla y fructifica con la solución Steiner al 50% en México (Gastelum, 2012). La concentración de N y su acumulación en tejido vegetal son los dos mayores indicadores para caracterizar el status del N en cultivos (Yao *et al*., 2007). Generalmente el diagnóstico del nivel de nitrógeno se realiza a través de las mediciones de nitrógeno total y nitratos (Rubio *et al*., 2009). En el cultivo de *Physalis peruviana L*. no se tiene basta información referente a nutrición nitrogenada y su diagnóstico en México. Debido a lo anterior se planteó el siguiente problema de investigación: ¿Cuáles son los compuestos nitrogenados translocados en *Physalis peruviana* L. con relación a la

proporción de nitrógeno (NH_4^+/NO_3^-) en la solución nutritiva, con la finalidad de determinar pruebas de suficiencia de nitrógeno adecuadas?

Los objetivos que guiaron la investigación fueron: Identificar los compuestos nitrogenados presentes en diferentes estados de crecimiento en *Physalis peruviana* L., con relación a la proporción de nitrógeno (NO_3^-/NH_4^+) en la solución nutritiva y Evaluar la cuantificación de N-total, N-NO_3^- y N-reducido en *Physalis peruviana* L. para su uso en el diagnostico nutrimental. Las hipótesis fueron: El N-Total es un buen indicador del estado del N en el cultivo de *Physalis peruviana* L. en comparación con el N-NO_3^- y el N-Reducido.

Materiales y Métodos

La investigación se inició el 15 de Junio del 2012. Consistió en aplicar solución nutritiva Steiner al 50 % con diferentes proporciones NH_4^+/NO_3^- en el cultivo de *Physalis peruviana* L. "ecotipo Colombia" podadas previamente (2 años de edad) y establecidas bajo el diseño de bloques al azar. Los tratamientos empleados para abastecer 6 $meqL^{-1}$ de nitrógeno fueron tres. El tratamiento uno (T1) consistió en el 100 % del nitrógeno en forma nítrica, en el tratamiento dos (T2) se aplicó 75 % del nitrógeno como nitratos y el restante 25 % como el ion amonio, finalmente el tratamiento tres (T3) consistió en aplicar igual cantidad del ion nitrato y amonio a la solución nutritiva. Los micronutrientes fueron proporcionados a través del producto comercial Fermil soluble® a dosis de 20 gr P.C 1000 L^{-1} de agua. Las mediciones de los compuestos nitrogenados se realizaron en hojas recientemente formadas. El muestreo se realizó a las 11:00 am para posteriormente llevarse a estufa a 70 °C por 72 horas. Después del secado se molieron las muestras en mortero y se guardó el material en bolsas de plástico para su posterior y correspondiente análisis. Se midió el contenido de N-total, N-NO_3^- y N-reducido en cuatro muestreos (39, 64, 87 y 108 días después de aplicarse los tratamientos "ddt"), correspondiendo con las etapas de crecimiento vegetativo, floración, fructificación y fructificación maduración. Adicionalmente se contabilizó el número de frutos a 41, 56, 71, 86, 101 y 116 ddt. Los métodos de análisis fueron Kjeldahl, Cataldo, Nessler, respectivamente (Alcántar y Sandoval, 1999). Los datos obtenidos se analizaron para determinar diferencias en las variables por tratamientos, asociación de las variables con el rendimiento y el comportamiento referido a variación de las formas de N medidas a través de los muestreos.

Resultados y Discusión

En las Figuras 1, 2 y 3, los momentos de muestreo corresponden a la etapa vegetativa (39 ddt), floración (64 ddt), fructificación (87 ddt) y fructificación-maduración (108 ddt) en el cultivo de *Physalis peruviana* L. En la Figura 1 se observa la dinámica de la variable N-total dentro del periodo de muestreo; del ddt 39 al ddt 108. Se observa un incremento en la concentración del N del ddt 39 al ddt 64, es decir del crecimiento vegetativo a la etapa de floración para después descender claramente a lo largo de la fructificación y maduración (87 y 108 ddt, respectivamente).

Este descenso de la concentración de N-Total corresponde al efecto de dilución como consecuencia del incremento en biomasa. Lemaire *et al*. (1997) sugirieron que la concentración vegetal de N declina con la acumulación de masa por el cultivo en un estado estacionario de la condición de abastecimiento de N.

En la Figura 2 se visualiza la dinámica del N-NO_3^- que disminuye de la etapa vegetativa a la floración, después de la cual se incrementa en la etapa de fructificación y desciende durante la maduración de los frutos. Las dos caídas de esta variable pueden asociarse a etapas donde el exceso de NO_3^- requiere de su asimilación y redistribución para el desarrollo de flores y frutos, o bien que las etapas correspondientes a floración y fructificación-maduración necesitan menor cantidad de N-NO_3^- . Parks et al. (2012) mencionan al respecto que el NO_3^- en exceso inmediatamente es asimilado. Aunque no existieron diferencias significativas se observa gráficamente que para el caso de T1 los mayores % de esta forma nitrogenada se corresponden a donde se incorpora mayormente como fuente en la solución nutritiva ajustándose a lo planteado por Krapp et al. (1997) quienes

mencionan que el nitrato, por sí mismo, induce transportadores de nitrato y la actividad de la enzima NR, permitiendo altos índices de consumo de nitrato y asimilación.

En el Cuadro 1 se contienen los promedios de la variable N-NO_3^-, en los cuatro momentos de muestreo y se indica la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos sujetándose a lo planteado por Parks et al. (2012) quienes indican que las concentraciones foliares de esta forma nitrogenada varían no solo con el abastecimiento de NO_3^-, sino que además influyen factores como la variación diurna, la deficiencia de molibdeno, el tipo de suelo y el régimen de irrigación.
Del Cuadro 1 se observa que las concentraciones de N-NO_3^- varían desde 0.27 % (T3) a 0.36 % (T1 y T2) a 39 ddt, mientras que a 108 ddt oscilan entre 0.13 % (T1 y T3) y 0.16 % (T2).

Con referencia a la variable N-Reducido Ruíz y Romero (1999) mencionan que el resultado de la incorporación de amonio puede ser cuantificado por el análisis de nitrógeno reducido, el cual es generalmente el producto de la asimilación del N y es formado principalmente por aminoácidos y proteínas. La Figura 3 muestra la dinámica del N-Reducido opuesta a la dinámica del N- NO_3^-. En las etapas de floración y maduración se requieren mayor cantidad de productos de la asimilación del nitrógeno. Los picos del nitrógeno reducido pueden ser consecuencia de la reducción del NO_3^-. Hirel y Lea (2001) indican que las plantas producen significativas cantidades de amonio a través de la reducción de NO_3^- y la fotorrespiración. Además mencionan que en plantas C3 la fotorrespiración es la mayor fuente de este catión.

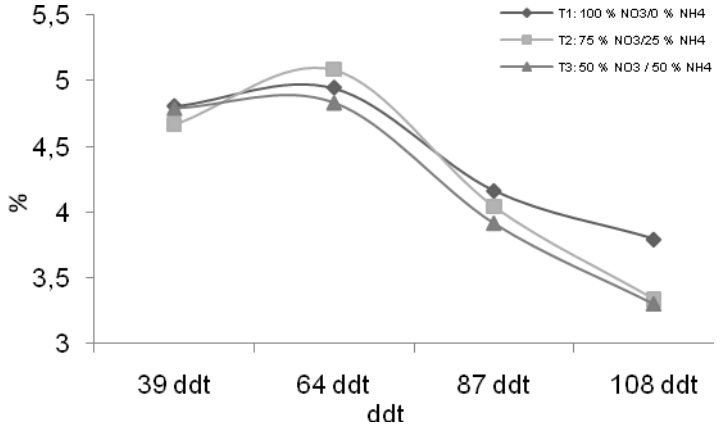


Figura 1. Dinámica de la variable N-Total.

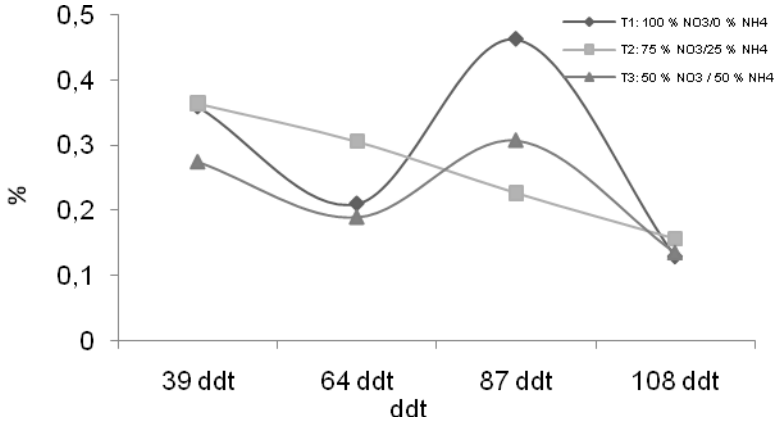


Figura 2. Dinámica del N-NO_3^-.

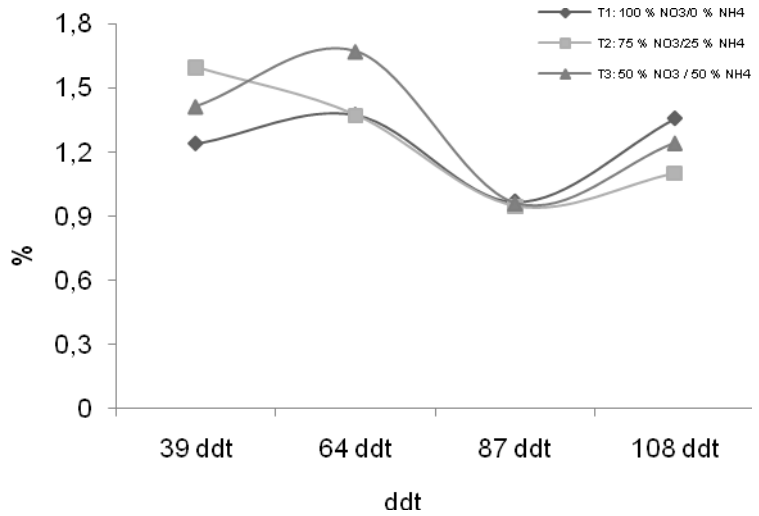


Figura 3. Dinámica del N-Reducido.

Se observa gráficamente que a 39 ddt el T2 (1.59 %) fue estadísticamente superior a T3 y T1 (1.41 % y 1.24 %, respectivamente). Este comportamiento puede ser producto de la actividad de la enzima NR que llevará el NO_3^- hasta amonio y del propio amonio suministrado vía solución nutritiva.
Al ddt 108 el T1 (1.36 %) resultó estadísticamente superior a T3 (1.24 %) y T2 (1.1 %) (Cuadro 1) sugiriendo posiblemente que en etapas de maduración de frutos el amonio es toxico como fuente directa de aporte nutrimental, sin embargo es requerido y se obtiene de la reducción del NO_3^-. Esto concuerda parcialmente con lo establecido por Linka y Weber (2005) quienes establecen que en altas concentraciones, el amonio es toxico para las células vegetales y debe ser rápidamente asimilado a compuestos orgánicos.

El Cuadro 1 contiene los valores medios de las variables N-Total, N-NO_3^- y N-Reducido en los cuatro momentos de muestreo, observándose que sólo la variable N-Reducido manifestó diferencias significativas; a 39 ddt T2 (1.59 %) fue estadísticamente superior a T1 y T3 (1.24 % y 1.41 %, respectivamente), y a 108 ddt T1 (1.36 %) resultó estadísticamente superior a T2 (1.1 %) y T3 (1.24%).

Adicionalmente se observa que en etapas vegetativas (39 ddt) la concentración de N-Total varía de 4.67 % (T2) a 4.8 % (T1) y en etapas reproductivas (87 ddt) de 3.91 % (T3) a 4.16 % (T1) coincidiendo con los valores de 4.5 en etapas vegetativas y 4.18 en etapas reproductivas (Gastelum, 2012).

En el Cuadro 2 se muestran los coeficientes de correlación Pearson entre la variable número de frutos (rendimiento) con cada una de las tres variables: N-Total, N-NO_3^- y N-Reducido. Ninguna de las tres variables mostró significancia estadística al correlacionarse con el rendimiento. Esto se explica parcialmente por lo establecido por Suchartgul et al. (2012) quienes mencionan que el crecimiento o rendimiento es afectado por múltiples factores. Ellos trabajaron con árboles de *Hevea brasiliensis* Muell Arg.

En el Cuadro 3 se muestra la variación de N-Total, N-NO_3^- y N-Reducido en cada momento de muestreo y promedio del experimento. Se observa que la variable N-Total es la más estable (CV = 15.885 %) y las más variable fue N-NO_3^- (CV = 66.047 %). Thenabadu (1972) después de varios experimentos en campo e invernadero para evaluar el status de la nutrición de nitrógeno en arroz indicó que la concentración de nitrógeno total en hojas es mejor indicador del status de la nutrición (N) que las fracciones solubles en agua y las amidas más el N-NH_4^+.

Conclusiones

La Medición de N- NO_3^- varía mayormente y por tanto su uso como herramienta de diagnóstico no es confiable. El indicador menos variable es el N-Total, razón por la cual se recomienda como herramienta de diagnóstico nutrimental en *Physalis peruviana* L.

Cuadro 1. Diferencias por tratamiento y ddt en plantas sometidas a poda.

ddt	39 ddt						64 ddt						87 ddt						108 ddt					
Trat	NT#		N-NO_3#		N-Red. #		NT		N-NO_3		N-Red.		NT		N-NO_3		N-Red.		NT		N-NO_3		N-Red.	
1	4.80	a	0.36	a	1.24	b	4.94	a	0.21	a	1.37	a	4.16	a	0.46	a	0.97	a	3.80	a	0.13	a	1.36	a
2	4.67	a	0.36	a	1.59	a	5.08	a	0.31	a	1.37	a	4.04	a	0.23	a	0.94	a	3.34	a	0.16	a	1.10	b
3	4.79	a	0.27	a	1.41	b	4.83	a	0.19	a	1.67	a	3.91	a	0.31	a	0.96	a	3.30	a	0.13	a	1.24	ab
DMS*	0.52		0.14		0.18		0.50		0.16		0.44		0.62		0.30		0.25		0.73		0.05		0.20	
CV	12.20		45.28		14.05		11.23		77.22		33.34		16.86		101.39		28.38		23.25		40.29		18.28	

Media con una letra común no son significativamente diferentes (Tukey, *P*>0.05), *; Diferencia Mínima Significativa, #; valor en %, CV; Coeficiente de Variación, ddt; Días después de aplicarse los tratamientos.

Cuadro 3. Comportamiento de las variables en plantas sometidas a poda.

Variable	Coeficiente de Variación				
	39 ddt	64 ddt	87 ddt	108 ddt	Promedio
N-Total (%)	12.202	11.231	16.856	23.253	15.885
N-NO_3 (%)	45.284	77.225	101.390	40.289	66.047
N-Reducido (%)	14.046	33.335	28.377	18.279	23.509

Bibliografía

Alcántar, G. G. y V. M. Sandoval. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México.

Gastelum, O. D. A. 2012. Demanda nutrimental y manejo agronómico del cultivo *Physalis peruviana* L. Tesis de Maestría en Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Hirel, B. and P. J. Lea. 2001. Ammonia assimilation. In: Lea, P. J., Morot-Goudry, J. F. Editors. Plant nitrogen. Heidelber: Springer-Verlag. p. 79-99.

Krapp, A., V. Fraisier., W.R. Scheible, A. Quesada, A. Gojon, M. Stitt, M. Caboche and V. F. Daniele. 1997. Expression studies of Nrt: 1Np, a putative high affinity nitrate transporter: evidence for its role in nitrate uptake. Plant Journal 13: 723-732.

Lemaire, G., M.H. Jeuffroy and F. Gastal. 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetable stage: theory and practices for crop N management. Eur. J. Agron. 28: 614-624.

Linka, M. and A. P. M. Weber. 2005. Shuffling ammonia between mitochondria and plastids during photorespiration. Trends Plants Sci. 10: 461-465.

Rubio, C. O. A., P. H. Brown y S. A. Weibaum. 2009. Variación anual, diaria y ene el dosel de compuestos nitrogenados en hojas de almendro y nectarina. Terra Latinoamericana. 27(3):187-196.

Ruíz, J. M. and L . Romero. 1999. Cucumber yield and nitrogen metabolism in response to nitrogen supply. Hort Sci. 82: 309-316.

Suchartgul, S., S. Maneepong and M. Issarakrisila. 2012. Establishment of Standard Values for Nutritional Diagnosisi in Soil and Leaves of Immature Rubber Tree. Rubber Thai Journal 1: 19-31.

Thenabadu, M. W. 1972. Evaluation of the nitrogen nutrition status of rice by plant analysis. Plant and Soil 37: 41-48.

Yao, W. X., Y. Feng, Y. C. Zhu, Tian and W. X. Cao. 2007. A non-destructive and real-time method of monitoring leaf nitrogen status in wheat. New Zeland Journal of Agricultural Research, 50: 5, 935-942.

NUTRICIÓN CON N Y K POR ETAPAS FENOLÓGICAS DE TOMATE EN ACIDEZ TITULABLE Y SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES DEL FRUTO

San Martín Hernández, C.[1*]; Trejo Téllez, L. I.[1]; Gómez Merino, F. C.[2]; Saucedo Veloz, C.[1]; Escalante Estrada J. A.[1]; Sánchez García P.[1]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Km 348 Carretera Córdoba-Veracruz. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz

*Autor responsable: sanmartin.cesar@colpos.mx; Carr. México-Texcoco km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Edo. De México. México CP 56320; Tel. +52(595)-951-0198.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue valuar el efecto de la nutrición nitrogenada y potásica por etapas fenológicas en la calidad química del fruto de tomate cultivado en hidroponía. Se condujo un experimento con arreglo factorial en parcelas divididas, como parcela grande se consideró al N en la solución nutritiva en etapa vegetativa a 10, 12, 14 y 16 mol_c m^{-3}; y como parcela chica K en etapa reproductiva a 5, 7, 9, 11 y 13 mol_c m^{-3}. Resultaron 20 tratamientos y se emplearon 6 replicas, representando la unidad experimental una planta/maceta con 13 L de tezontle rojo. Los porcentajes de AT y SST y la relación SST/AT, fueron evaluados en frutos maduros del primero, tercero y quinto racimo. Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias mediante Tukey ($P \leq 0.05$). Solamente el K afectó las variables determinadas. La AT obtuvo efectos significativos y relacionó positivamente con la concentración de K. Los mayores porcentajes de AT se obtuvieron en: primer racimo con K ≥11 mol_c m^{-3}; y en el tercer y quinto racimo con K ≥9 mol_c m^{-3}. Asimismo, los niveles de K en la solución nutritiva afectaron positivamente los SST. El mayor porcentaje de SST se registraron en frutos del racimo primero y quinto, con K ≥11 mol_c m^{-3}; mientras que en el racimo tres fue con K ≥7 mol_c m^{-3}. La relación SST/AT obtenida, indica que a excepción de los frutos del primer racimo, el resto de los frutos en todos los niveles de K, tuvieron un buen sabor.

Palabras clave: Nitrógeno y potasio en tomate; acidez titulable; sólidos solubles totales

Introducción

El tomate es uno de los cultivos más importantes dentro de la economía mundial, al ser dentro de las hortalizas la de mayor consumo, con una producción mundial anual de más de 130 millones de toneladas (FAO, 2011).

El fruto de tomate está constituido principalmente por agua, sólidos solubles e insolubles, ácidos orgánicos siendo el más importante el ácido cítrico y otras biomoléculas como carotenoides y vitaminas A y C (Pedro y Ferreira, 2007).

Si bien se ha demostrado que la calidad del fruto de tomate depende del cultivar, de las condiciones agronómicas, del grado de madurez y de las condiciones de almacenamiento (Nuez, 2000); existen estudios que demuestran el significativo efecto que el estatus nutrimental de la planta tiene sobre el rendimiento y la calidad de los frutos; siendo importante cubrir las necesidades nutrimentales de la planta según su etapa fisiológica (Hartz *et al*., 2000). Por otra parte, Bénard *et al*. (2007), concluyeron que los metabolitos primarios y secundarios en tomate pueden ser afectados como resultado a una respuesta específica a la baja disponibilidad de nitrógeno. Así mismo, aplicaciones fertilizantes nitrogenados y potásicos en periodos de mayor demanda que ocurre durante

el crecimiento del fruto, favorecen una nutrición óptima, máximo crecimiento y mayor calidad del fruto de tomate cultivado en condiciones de campo (Huett y Dettman, 1998).

Debido a la importancia del estatus nutrimental de la planta en la calidad de los productos agrícolas, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto que la nutrición nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva del cultivo de tomate hidropónico, tiene sobre parámetros de calidad del fruto.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó empleando plántulas de tomate bola cv. Charleston de 37 días de edad, las cuales se establecieron en condiciones de invernadero e hidroponía.

En etapa vegetativa, se evaluaron cuatro concentraciones de N en la solución nutritiva (10, 12, 14 y 16 mol_c m^{-3}) y en etapa reproductiva cinco concentraciones de K en la solución nutritiva (5, 7, 9, 11 y 13 mol_c m^{-3}). La combinación de niveles de N y K originó 20 tratamientos, los cuales fueron establecidos usando un arreglo factorial en parcelas divididas; donde el N fue designado como parcela grande; y el K como parcela chica. Cada tratamiento se replicó seis veces, tomando como unidad experimental una planta en una maceta con 13 L de tezontle rojo (≤12 mm de diámetro de partícula). Las unidades experimentales se asignaron en forma aleatoria durante la etapa vegetativa y de manera restringida en la etapa reproductiva.

El riego se hizo empleando la solución Steiner (1984) modificada en N y K como se indicó anteriormente y según la etapa fenológica. Se aplicaron 8 riegos $día^{-1}$ (5 min $riego^{-1}$) a intervalos de 1 h usando goteros de 4 L h^{-1}.

En frutos maduros de tres racimos (primero, tercero y quinto) obtenidos a los 110, 137 y 167 días después del trasplante, se evaluaron los porcentajes de acidez titulable (AT) y de los sólidos solubles totales (SST); con éstos valores se estimaron las relaciones SST/AT.

Para la determinación de AT se tomaron 5 mL de jugo del fruto (obtenido con extractor de jugos), se le adicionaron tres gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 N según la metodología descrita por Boland (1990). La acidez se obtuvo con la siguiente expresión AT(%) =[V_{NaOH} (mL) x N_{NaOH} (meq/mL) x miliequivalentes de ácido cítrico (0.064 g/meq)/V jugo (mL)] x 100.

Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron con un refractómetro digital ATAGO PR-100 con escala de 0-32% (Honcho, Itabashi-Ku Tokio Japón), expresando el valor de SST en %; para ello, se recolectaron tres gotas del jugo de frutos cortados longitudinalmente y se colocaron sobre la celda de medición.

Con los datos obtenidos de las variables respuesta se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon con la prueba de Tukey DHS ($p \leq 0.05$) con el programa SAS Ver. 9 (SAS, 2002).

Introducción

El tomate es uno de los cultivos más importantes dentro de la economía mundial, al ser dentro de las hortalizas la de mayor consumo, con una producción mundial anual de más de 130 millones de toneladas (FAO, 2011).

El fruto de tomate está constituido principalmente por agua, sólidos solubles e insolubles, ácidos orgánicos siendo el más importante el ácido cítrico y otras biomoléculas como carotenoides y vitaminas A y C (Pedro y Ferreira, 2007).

Si bien se ha demostrado que la calidad del fruto de tomate depende del cultivar, de las condiciones agronómicas, del grado de madurez y de las condiciones de almacenamiento (Nuez, 2000); existen estudios que demuestran el significativo efecto que el estatus nutrimental de la planta tiene sobre el rendimiento y la calidad de los frutos; siendo importante cubrir las necesidades nutrimentales de la planta según su etapa fisiológica (Hartz *et al*., 2000). Por otra parte, Bénard *et al*. (2007), concluyeron que los metabolitos primarios y secundarios en tomate pueden ser afectados como resultado a una respuesta específica a la baja disponibilidad de nitrógeno. Así mismo, aplicaciones fertilizantes nitrogenados y potásicos en periodos de mayor demanda que ocurre durante

el crecimiento del fruto, favorecen una nutrición óptima, máximo crecimiento y mayor calidad del fruto de tomate cultivado en condiciones de campo (Huett y Dettman, 1998).

Debido a la importancia del estatus nutrimental de la planta en la calidad de los productos agrícolas, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto que la nutrición nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva del cultivo de tomate hidropónico, tiene sobre parámetros de calidad del fruto.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó empleando plántulas de tomate bola cv. Charleston de 37 días de edad, las cuales se establecieron en condiciones de invernadero e hidroponía.

En etapa vegetativa, se evaluaron cuatro concentraciones de N en la solución nutritiva (10, 12, 14 y 16 mol_c m^{-3}) y en etapa reproductiva cinco concentraciones de K en la solución nutritiva (5, 7, 9, 11 y 13 mol_c m^{-3}). La combinación de niveles de N y K originó 20 tratamientos, los cuales fueron establecidos usando un arreglo factorial en parcelas divididas; donde el N fue designado como parcela grande; y el K como parcela chica. Cada tratamiento se replicó seis veces, tomando como unidad experimental una planta en una maceta con 13 L de tezontle rojo (≤12 mm de diámetro de partícula). Las unidades experimentales se asignaron en forma aleatoria durante la etapa vegetativa y de manera restringida en la etapa reproductiva.

El riego se hizo empleando la solución Steiner (1984) modificada en N y K como se indicó anteriormente y según la etapa fenológica. Se aplicaron 8 riegos $día^{-1}$ (5 min $riego^{-1}$) a intervalos de 1 h usando goteros de 4 L h^{-1}.

En frutos maduros de tres racimos (primero, tercero y quinto) obtenidos a los 110, 137 y 167 días después del trasplante, se evaluaron los porcentajes de acidez titulable (AT) y de los sólidos solubles totales (SST); con éstos valores se estimaron las relaciones SST/AT.

Para la determinación de AT se tomaron 5 mL de jugo del fruto (obtenido con extractor de jugos), se le adicionaron tres gotas de fenolftaleína y se tituló con NaOH 0.1 N según la metodología descrita por Boland (1990). La acidez se obtuvo con la siguiente expresión AT(%) =[V_{NaOH} (mL) x N_{NaOH} (meq/mL) x miliequivalentes de ácido cítrico (0.064 g/meq)/V jugo (mL)] x 100.

Los sólidos solubles totales (SST) se determinaron con un refractómetro digital ATAGO PR-100 con escala de 0-32% (Honcho, Itabashi-Ku Tokio Japón), expresando el valor de SST en %; para ello, se recolectaron tres gotas del jugo de frutos cortados longitudinalmente y se colocaron sobre la celda de medición.

Con los datos obtenidos de las variables respuesta se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y las medias se compararon con la prueba de Tukey DHS ($p \leq 0.05$) con el programa SAS Ver. 9 (SAS, 2002).

Resultados y Discusión

El Cuadro 1 presenta los resultados de la significancia de los factores de estudio y las interacciones correspondientes en las variables de calidad de fruto evaluadas; se observa que las concentraciones de N evaluadas durante la fase vegetativa y las interacciones N*K, no tuvieron efecto significativo sobre éstas. Por el contrario, las concentraciones de K afectaron tanto el porcentaje de AT como el de SST.

Los resultados que fueron diferentes estadísticamente entre tratamientos por efecto del factor concentración de K en la solución nutritiva en la fase reproductiva son presentados y discutidos a continuación.

En la Figura 1 se presentan los resultados de AT obtenidos por efecto del factor de estudio K en la solución nutritiva.

Cuadro 1. Significancias estadísticas de los factores de estudio, concentración de N en etapa vegetativa y de K en etapa reproductiva e interacciones, en los porcentajes de acidez titulable y de sólidos solubles totales en el jugo de frutos de tomate.

Fuente de variación	Porcentaje de AT	Porcentaje de SST
N	0.0687 ns	0.0945 ns
K	<.0001 **	0.0008 *
N*K	0.7905 ns	0.9986 ns
CV (%)	12.2	7.9

**Altamente significativo ($P \leq 0.01$); *Significativo ($P \leq 0.015$); CV: coeficiente de variación. ns: no significativo.

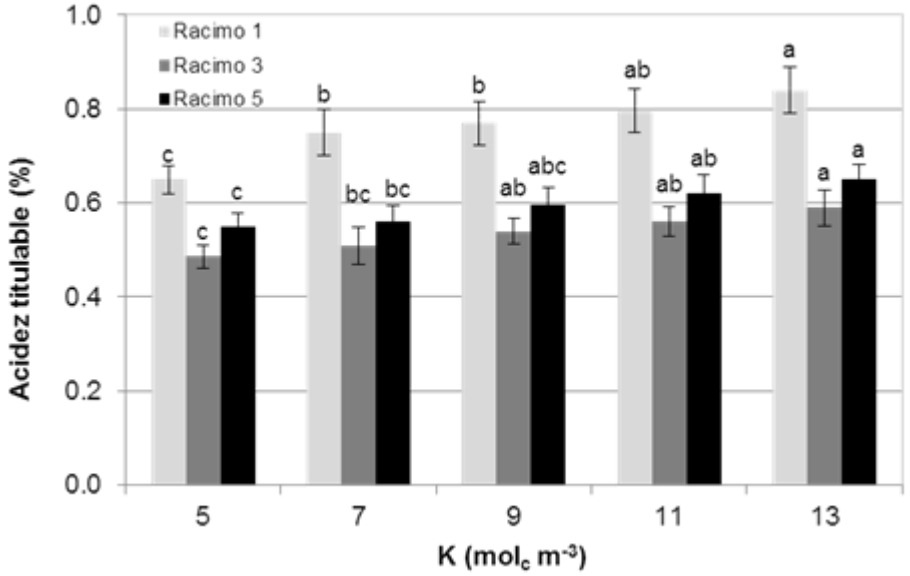


Figura 1. Porcentaje de acidez titulable en jugo de frutos de tres racimos de tomate por efecto de la concentración de K de la solución nutritiva en etapa reproductiva. Barras de frutos del mismo racimo ± Desviación estándar (DE) con letras distintas, indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

La AT fue superior en frutos del racimo uno, mientras que la menor AT se presentó en el tercer racimo, en ambos casos independiente de la concentración de K en la solución nutritiva durante la fase reproductiva. Así también se observa que la acidez titulable tiene una relación positiva con la concentración de K en la solución nutritiva. En el racimo 1 los valores de AT de 0.80 y 0.84% se registraron en frutos de plantas tratadas con las concentraciones de K de 11 y 13 mol$_c$ m^{-3}. Estos valores superaron a los del tratamiento con 5 mol$_c$ m^{-3} en 22.4 y 29.2%, respectivamente. En los racimos 3 y 5 los mayores valores de AT se registraron con concentraciones de K iguales o superiores a 9 mol$_c$ m^{-3} (Figura 1). Adsule *et al*. (1980) refieren que la AT en tomate para procesamiento no debe ser menor a 0.4.

Altos porcentajes de SST en el fruto de tomate, son deseables tanto para el procesamiento como para su consumo en fresco (Kumari *et al*., 1998). En este sentido, se observa de manera general un efecto positivo del K en los SST; sin embargo, el efecto de este elemento es diferencial entre racimos. Es decir, los mayores porcentajes de SST se registraron en frutos de los racimos primero y quinto a concentraciones de K iguales o superiores a 11 mol$_c$ m^{-3}; mientras que en frutos del racimo tres se tuvieron con valores iguales o superiores a 7 mol$_c$ m^{-3}. Entre racimos, se observa que los más altos porcentajes de SST se presentaron en el racimo 5 y en todas las concentraciones de K evaluadas (Figura 2). El impacto de la acidez en el sabor es mucho más determinado por la AT que por el pH.

Los SST también influencian el sabor, pero el mejor predictor de la acidez en el sabor es la relación SST/AT o índice de sabor (Sadler y Murphy, 2010). Por tanto, se estimó la relación SST/AT y los resultados fueron analizados estadísticamente para evaluar los efectos que el factor de estudio K tuvo sobre éste (Figura 3); dado que el K afectó en forma altamente significativa tanto a los SST como a la AT (Cuadro 1).

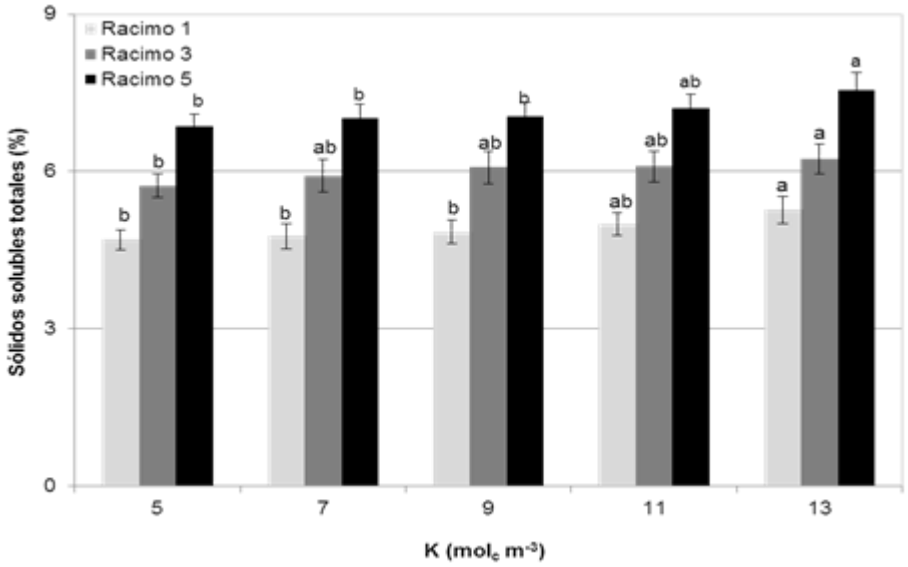


Figura 2. Porcentaje de sólidos solubles totales en jugo de frutos de tres racimos de tomate por efecto de la concentración de K de la solución nutritiva en etapa reproductiva. Barras de frutos del mismo racimo ± DE con letras distintas, indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$).

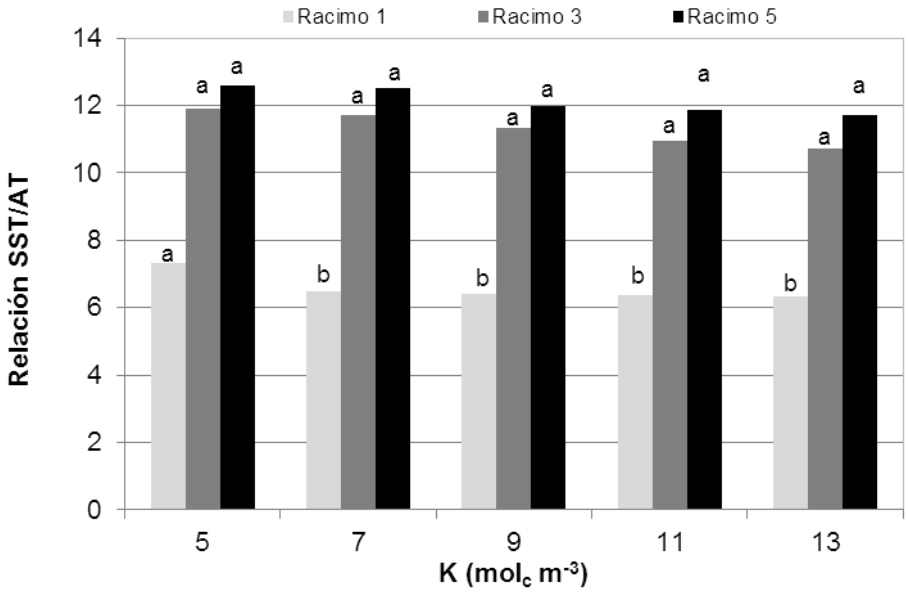


Figura 3. Relación SST/AT en jugo de frutos de tres racimos de tomate por efecto de la concentración de K de la solución nutritiva en etapa reproductiva. Barras de frutos del mismo racimo con letras distintas, indican diferencia estadística significativa ($P \leq 0.05$)

Kader *et al*. (1978) establecieron que valores de la relación SST/AT iguales o mayores a 10 son indicadores de un buen sabor (mayor valor de la relación es indicativo de frutos más dulces o menos ácidos). En este sentido, los resultados obtenidos en esta investigación indican que con excepción de los frutos del primer racimo, el resto de los frutos en todas las concentraciones de K evaluadas, tuvieron un buen sabor (Figura 3).

Conclusiones

La aplicación de concentraciones crecientes de K desde 5 hasta 13 $mol_c\ m^{-3}$ en etapa reproductiva del cultivo de tomate, incrementa los porcentajes de AT y SST, ambos importantes parámetros de calidad de fruto.

Agradecimientos

A la Línea Prioritaria de Investigación 5 Biotecnología Microbiana, Vegetal y Animal del Colegio de Postgraduados por las facilidades otorgadas para la realización de esta investigación.

Bibliografía

Adsule, P. G., A. Dan, S. K. Tikko, and A. B. Pal. 1980. Studies on the evaluation of tomato cultivars for making juice. Indian Food Packer 34: 18-20.

Bénard, C., H. Gautier, F. Bourgaud, D. Grasselly, B. Navez, C. Caris-Veyrat, M. Weiss, and M. Génard. 2009. Effects of low nitrogen supply on tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit yield and quality with special emphasis on sugars, acids, ascorbate, carotenoids, and phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 57(10): 4112-4123.

Boland, F. E. 1990. Fruits and fruit products. *In:* Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Methods (AOAC). Pp. 910-911. Helrich, K. (ed.). 15th edition. VA, USA.

FAO. 2011. The State of Food and Agriculture 2010- 2011. Roma, Italy.

Hartz, T. K., E. M. Miyao, R. J. Mullen and M. D. Cahn. 2000. Potassium fertilization effects on processing tomato yield and fruit quality. Acta Horticulturae 542: 127-133.

Huett, D. O. and E. B. Dettman. 1998. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. Australian J. Exp. Agric. 28(3): 391-399.

Kader, A. A., L. L. Morris, M. A. Stevens, and A. Albright-Holton. 1978. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest Handling procedures. Journal of the American Society for Horticultural 103(1): 6-13.

Kumari, A., B. B,Grewal, M. K. Banerjee, and A. Kumari. 1998. Assessment of physico-chemical characteristics of different tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) genotypes. Vegetable Science 25: 127-130.

Nuez, F. 2000. El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Pedro, A. M. K. and M. M. C. Ferreira. 2007. Simultaneously Calibrating Solids, Sugars and Acidity of Tomato Products Using PLS2 and NIR Spectroscopy. Anal. Chim. Acta, 595: 221–227.

Sadler, G. D. and P. Murphy. 2010. pH and Titratable Acidity. *In:* Nielson S. S. (ed): Food Analysis. Str. 219-238. Springer Science + Business Media, LLC2010. New York, USA.

SAS Institute Inc. 2002. SAS/STAT Users Guide. Version 9. SAS Institute Inc., Cary, N. C., USA.

Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In:* Proceedings Sixth International Congress on Soilless Culture, ISOSC. Lunteren, Wageningen, The Netherlands. pp. 633-650.

CALIDAD POSTCOSECHA DE MANZANA BAJO FERTILIZACIÓN NITROGENADA COMPLEMENTADA CON MACRONUTRIENTES

Soto Parra, J. M.*; Yáñez Muñoz, R. M.; Piña Ramírez, F. J.; Flores Plascencia, J. B.; Mancera López, M.M.; Basurto Sotelo M.; Pérez Leal, R.

Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.Chihuahua. México.

Autor responsable: jsoto@uach.mx; Campus Universitario I. Chihuahua, Chih. México. C.P. 31160; Tel +52(614)-439-1844

Resumen

La manzana es la cuarta fruta más consumida en México. El sabor, textura, aroma, valor nutricional e inocuidad, dependerán de la nutrición mineral de los frutos; sin embargo es necesario el componente sensorial para atender con éxito el perfil de los consumidores y permanecer en sus preferencias. Un bajo contenido de nitrógeno resulta en un menor contenido proteico y una calidad inferior en los vegetales, mientras que altos niveles pueden retrasar la maduración. Se evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada complementada con macronutrientes sobre la calidad de la manzana en postcosecha. En árboles de manzano [*Malus sylvestris* (L.) Mill. var. *domestica* Borkh. Mansf.] 'Red Delicious' de 45 años de edad, se aplicaron cuatro niveles de nitrógeno 0, 60, 120 y 180 kg ha^{-1} en cuatro fracciones de aplicación. El fruto cosechado se almacenó 6 meses en atmósfera controlada, posteriormente se mantuvo siete días a temperatura ambiente y entonces se determinó calidad a través de pruebas físicoquímicas y análisis sensorial. La mejor respuesta se obtuvo con 120 kg ha^{-1} N, que produjo las manzanas más firmes, maduras, jugosas, crujientes y dulces; el sabor y olor fue mayormente aceptado para 180 y 120 kg ha^{-1} N.

Palabras Clave: 'Red Delicious' firmeza; sólidos solubles totales; acidez titulable; análisis sensorial

Introducción

El consumo de la manzana en México es principalmente en fresco, se considera que del total de la producción, abarca entre el 70 y 75 %, mientras que el restante 30 a 25 % es para uso industrial (PRSPM, 2009). El consumo nacional por habitante se ha incrementado hasta alcanzar actualmente un promedio del orden de 7.7 kg $año^{-1}$ (SIAP-SAGARPA, 2006), situando a la manzana en la cuarta fruta más consumida del país. La importancia de paneles de consumidores potenciales y de jueces entrenados, ofrecen información precisa de hacia dónde debe llegar el fruticultor, para elevar el consumo per cápita en México de 8 kg a 40 como en los países desarrollados (PRSPM, 2009).

De acuerdo a las exigencias del mercado consumidor de manzanas, las características tales como sabor, textura, aroma, valor nutricional e inocuidad, son las buscadas, las cuales dependerán de la nutrición mineral de los frutos; sin embargo es necesario el componente sensorial para atender con éxito el perfil de los consumidores y permanecer en sus preferencias. El consumidor tradicionalmente desempeña un papel importante en determinar la aceptabilidad de fruta para la comercialización de fruta fresca y almacenada (Wills *et al*., 1998). La percepción de los consumidores de manzana de calidad incluye factores como apariencia, textura, firmeza, dulzura, sabor y son los factores clave que afectan las decisiones de compra del consumidor; además, de mantener altos estándares de calidad, la vida de almacenamiento es esencial para tener éxito en la comercialización y venta de fruta a los consumidores (Patte, 1985). Moreau-Rio (citado por Remón *et al*., 1999) indica que el atributo sensorial más apreciado por el consumidor en la manzana es el sabor, y en segundo lugar la textura. Por otra parte, las nuevas formas de compra han hecho que el aspecto externo tenga también una enorme influencia a la hora de comprar un producto. Entre las muchas propiedades, sabor, jugosidad

y firmeza, así como variedad tienen una influencia significativa en la elección de manzana por los consumidores debido a que son características importantes que determinan la calidad de los frutos (Karlsen, 1999).

Cultivos anuales difieren con el cultivo del manzano, en que la entrada de N hacia la madera puede afectar el crecimiento y desarrollo del árbol en años actuales y subsecuentes (Weinbaum *et al*., 1987), por lo que los procesos claves involucrados año con año, responden al almacenamiento y removilización de nutrientes. Satoru *et al*. (2002) mencionan que el grado de pigmentación en cultivos rojos es un factor importante para el mercado. La acumulación de antocianina en la cutícula está influenciada por factores del medio ambiente como la luz, temperatura y concentración de nitrógeno; en una cosecha reducida, un bajo contenido de nitrógeno generalmente resulta en un menor contenido proteico y una calidad inferior en los vegetales cosechados, por otra parte, niveles altos de nitrógeno pueden retrasar la maduración, incrementar la pérdida de peso en postcosecha, aumentar desórdenes, e incrementar la pudrición y susceptibilidad a magulladuras en postcosecha, con altos niveles de fósforo se ha observado un incremento del contenido de azúcar, una disminución de acidez y alteración del color en vegetales (Brecht *et a*l., 2003). El Ca es especialmente importante en frutos de manzano debido a que son almacenados por largos períodos de tiempo, y el efecto del Ca sobre la calidad de almacenamiento no puede ser sustituido por otros factores (Wojcik, 2002); el estado nutricional del calcio puede involucrar otros elementos, especialmente K, P y boro (B). El objetivo fue evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada complementada con otros macronutrientes sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de manzana 'Red Delicious'.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó durante el ciclo productivo 2009 en árboles de manzano 'Red Delicious', de 45 años de edad, injertados sobre patrón estándar a 7x7m. Se utilizó un arreglo de parcelas divididas en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y tres submuestras por repetición utilizando una superficie de 6128 m^2, la unidad experimental fue un árbol. La parcela estuvo conformada por el nivel de nitrógeno (N) con 0, 60, 120 y 180 kg ha^{-1}, en tanto que la proporción de macronutrientes complementarios con respecto al nitrógeno fueron fósforo (P) 1/4, potasio (K) 1/2, calcio (Ca) 3/4 y magnesio (Mg) 1/6. La subparcela (Cuadro 1) se conformó por la fracción de aplicación de nitrógeno de acuerdo al desarrollo de la planta considerando de raíz, brote, flor y fruto con cuatro tratamientos según la concentración de aplicación en función del estadío fenológico 130202, 031220, 013130, 310103.

Al momento de la cosecha 31 de agosto, 149 días después de completa floración (DDCF) se colectaron 31 frutos por unidad experimental, de los cuales nueve frutos se utilizaron para medir las características fisicoquímicas, ocho para el perfil global, éstos se almacenaron en frigorífico comercial en atmosfera controlada durante seis meses, una vez sacados del frigorífico, los frutos se dejaron siete días a temperatura ambiente, para evaluar implícitamente la vida de anaquel.

Se determinaron las características fisicoquímicas peso, diámetro, firmeza de la pulpa, contenido de sólidos solubles totales, acidez titulable, relación azúcar/acidez densidad de jugo y jugosidad. Para las características sensoriales se obtuvieron los atributos más representativos para la manzana consistieron en jugosidad, crujibilidad, harinosidad, dulzor, acidez, y color y grosor de cáscara, se llevaron a cabo con panelistas previamente entrenados, y éstos fueron evaluados a través de escalas lineales estructuradas con dos palabras ancla.

Resultados y Discusión

Pruebas Fisicoquímicas

Los consumidores gustan de manzanas que tengan mucho sabor, siempre y cuando sean crujientes (Warner, 1998; Remón *et al*. 1999), se han encontrado buenas correlaciones entre los niveles de azúcar/acidez titulable y la aceptación por parte del consumidor (Calvo y Candan, 2004).

De las características fisicoquímicas evaluadas sólo peso y contenido de sólidos solubles totales no fueron afectadas por el nivel de nitrógeno, mientras que la fracción de aplicación de nitrógeno sólo mostró respuesta significativa en jugosidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Calidad de manzana 'Red Delicious' en postcosecha

	Diámetro	Peso	Firmeza	SST	AT	SST/AT	Denjugo	Jugosidad
N kg ha^{-1}	0.71^{1**}	568.0^{ns}	51.5**	0.73^{ns}	0.009**	206.9**	3.9**	6677.3**
0	7.52 a	182.1 a	11.8 bc	12.2 a	0.330 a	36.9 b	1.63 a	64.7 a
60	7.25 b	173.5 a	12.4 b	12.1 a	0.300 b	41.1 a	1.32 b	53.9 b
120	7.44 a	174.0 a	14.2 a	12.4 a	0.304 b	42.4 a	0.95 c	35.1 c
180	7.56 a	177.5 a	11.6 c	12.3 a	0.310 ab	39.6 ab	0.95 c	39.1 c
DMS	0.17	10.9	0.6	0.4	0.020	2.82	0.24	5.0
Fracción	0.12^{ns}	180.3^{ns}	11.3*	1.4^{ns}	0.001^{ns}	45.1^{ns}	0.03^{ns}	138.5^{ns}
013130	7.5 a	178.5 a	11.9 b	12.5 a	0.310 a	41.4 a	1.20 a	48.6 ab
031220	7.4 a	178.4 a	12.6 ab	12.0 a	0.320 a	38.8 a	1.18 a	47.7 ab
130202	7.4 a	173.7 a	13.3 a	12.3 a	0.320 a	39.5 a	1.23 a	50.6 a
310103	7.5 a	176.6 a	12.3 b	12.1 a	0.310 a	40.4 a	1.25 a	45.9 b
DMS	0.20	12.9	0.7	0.5	4.0	4.0	0.19	4.6
N*Fracc	0.08^{ns}	370.6^{ns}	39.7**	1.6^{ns}	0.008**	146.2**	0.27^{ns}	258.3**
µ	7.4	176.8	12.3	12.3	0.31	40.0	1.21	51.8
CV	4.4	11.6	8.1	5.8	13.5	16.4	29.11	17.5

SST: Sólidos solubles totales, AT: Acidez titulable, SST/AT: Relación azúcar acidez, Denjugo: Rendimiento de jugo por peso de fruto. Medias de mínimos cuadrados con la misma letra son estadísticamente iguales. [1]Cuadrados medios ^{ns},**; No significativo y significativo P< 0.05 y 0.01, respectivamente. DMS Diferencia mínima significativa. En fracción de aplicación del nitrógeno, cada dígito significa número de octavos aplicados en cada una de 6 etapas. µ Media general, CV Coeficiente de Varianza.

El diámetro menor de fruto se presentó en el tratamiento de 60 kg ha^{-1} N y el mayor tamaño de 7.6 mm se obtuvo con 180 kg ha^{-1} N. Para firmeza, la interacción parcela-subparcela fue altamente significativa con un 18.82 lb in^{-2} para 120 kg ha^{-1} N, fracción 130202 lo que indica que esa combinación produjo la mayor firmeza en la pulpa de 14.2 lb in^{-2}, que rebasa con mucho las especificaciones de madurez de la Norma Oficial Mexicana que establece 11 lb in^{-2}, lo cual es de gran importancia puesto que corresponde a fruto después almacenamiento, ya que está es la característica que primero refleja la pérdida de calidad del fruto. La firmeza y el color son los principales parámetros para estimar el grado de madurez de un fruto ya que la maduración inicialmente mejora y ablanda la textura del fruto, lo que asociado a los cambios en el sabor y color, hace que alcance la máxima calidad comestible (López, 2003).

Históricamente, el contenido de sólidos solubles ha sido una de las mejores mediciones de calidad para determinar madurez en manzana, en este caso mostró valores apropiados para el consumo en fresco y para un periodo de almacenamiento corto (Hammet, 1980).

El testigo presentó la jugosidad más alta con un valor de 64.7%, por el contario, 120 kg ha^{-1} N obtuvo el menor valor (35.10 %). Se presentaron diferencias no significativas en el 75 % de las fracciones con valores cercanos a la media.

La densidad de jugo (gramos de manzana se requieren para tener 1 ml de jugo) mayor se obtuvo para el testigo con 1.63 g. Es importante y deseable tener mayor contenido de acidez titulable en 'Red Delicious', ya que originalmente esta variedad tiene un contenido bajo, aunado a que después de cosecha continúa la transformación de almidón a azúcar; por lo tanto, sería aconsejable tener un contenido lo más alto posible de acidez titulable sin menoscabo del contenido de sólidos solubles para tener mayor capacidad de amortiguación durante la transformación del almidón a azúcar durante

postcosecha; pero además, este valor no deberá ser tan alto que tenga repercusiones indeseables sobre el sabor y la apariencia durante el almacenamiento (Hammet, 1980). La interacción N*Fracción para acidez titulable mostró que el testigo fraccionado 013130 obtuvo la mayor acidez de fruto con 0.37% de ácido málico, seguido de 180 kg ha^{-1} con la fracción 130202 con 0.35% de ácido málico. 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 (Hammet, 1980). La relación sólidos solubles/acidez titulable (SST/AT) más alta (42.4%) se obtuvo con 120 kg ha^{-1} N, se consideran este valores apropiado para conservar su calidad pues queda dentro del rango sugerido por Bartram (1975) y Hammet (1980), quienes indican que si se toman en consideración las características de color, diámetro, firmeza de la pulpa y contenido de sólidos solubles, los cultivares rojos mantienen una excelente calidad de almacenamiento si la relación sólidos solubles/acidez titulable es de 40 a 50 en cosecha.

Evaluación Sensorial

La nutrición mineral es la clave para obtener manzanas de calidad en la cosecha y durante el almacenamiento (Bramlage *et al*. 1980), para obtener frutos que no se alteren (disminuyan) considerablemente en firmeza, jugosidad, crujibilidad y buen sabor. Las manzanas tratadas con 120 kg ha^{-1} N, resultaron significativamente más jugosas (3.81), crujientes (3.65) y dulces (3.12) que se considera son las variables estrellas de almacenamiento, calidad y vida de anaquel. Las variables grosor y color de la cáscara, color de la pulpa, y olor frutal fueron similares (3.34) entre las manzanas testigos y los tratamientos de nitrógeno (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características sensoriales de manzana 'Red Delicious' en postcosecha

N kg ha^{-1}	Color Pulpa 0.90^{ns}	Jugosidad 7.43^{**}	Crujibilidad 4.47^{**}	Harinosidad 6.20^{**}	Olor Frutal 0.52^{ns}	Dulzor 2.20^{ns}	Acidez 5.11^{**}	Color cáscara 0.01^{ns}	Grosor Cáscara 0.90^{ns}
0	3.62 a	3.40 a	2.96 b	3.06 b	3.25 a	2.62 a	2.87 a	3.46 a	3.43 a
60	3.38 a	2.65 b	2.84 b	3.75 a	3.00 a	2.53 a	2.00 b	3.46 a	3.46 a
120	3.41 a	3.81 a	3.65 a	2.68 b	3.21 a	3.12 a	2.38 ab	3.46 a	3.12 a
180	3.22 a	3.18 b	2.93 b	3.18 ab	3.03 a	2.81 a	2.06 b	3.43 a	3.46 a
DMS	0.68	0.72	0.63	0.66	0.68	0.67	0.56	0.67	0.50
Fracción	0.46^{ns}	1.30^{ns}	0.65^{ns}	0.70^{ns}	0.71^{ns}	0.92^{ns}	0.93^{ns}	2.24^{ns}	0.88^{ns}
013130	3.25 a	3.12 a	3.00 a	3.28 a	3.03 a	2.53 a	2.09 a	3.78 a	3.28 a
031220	3.50 a	3.15 a	3.03 a	3.28 a	3.21 a	2.87 a	2.31 a	3.18 a	3.28 a
130202	3.50 a	3.56 a	3.31 a	2.96 a	2.96 a	2.90 a	2.43 a	3.31 a	2.96 a
310103	3.38 a	3.21 a	3.06 a	3.15 a	3.28 a	2.51 a	2.46 a	3.56 a	3.15 a
DMS	0.82	0.84	0.74	0.74	0.49	0.51	0.47	0.64	0.74
N*Fracc	1.03^{ns}	2.56^{ns}	1.69^{ns}	4.67^{**}	0.34^{ns}	3.05^{**}	1.57^{**}	1.83^{ns}	1.49^{ns}
µ	3.41	3.27	3.10	3.17	3.12	2.77	2.32	3.46	3.37
CV	33.17	23.57	25.69	30.63	26.07	30.17	40.50	25.90	25.06

Medias de mínimos cuadrados con la misma letra son estadísticamente iguales. Cuadrados medios ns,**; No significativo y significativo P< 0.05 y 0.01, respectivamente. [3]Diferencia mínima significativa 4Fracción de aplicación del nitrógen, cada dígito significa número de octavos aplicados en cada una de las 6 etapas. [6] Media [7] Coeficiente de Varianza.

El color de la cáscara fue similar (3.46) en los cuatro tratamientos; Cooper (2001) establece que el porcentaje de cubrimiento y la intensidad del color rojo en manzana 'Delicious' constituyen los principales criterios de calidad. El exceso de N afecta desfavorablemente la coloración roja de la fruta al desviar el proceso metabólico, más a la producción de proteínas que a la elaboración del pigmento antocianina, responsable del color rojo de la manzana. Se observa que 60 kg ha^{-1} N estuvo por debajo de los demás tratamientos en jugosidad (2.65), crujibilidad (2.84) y olor frutal (3.00); así mismo, este tratamiento presentó el valor más alto (3.75) en harinosidad, lo cual es considerado como una característica negativa, principalmente por la textura desfavorable que ofrece y por considerarse que ha perdido parte de su calidad. Aún cuando en la jugosidad de las manzanas el testigo y 120 kg ha^{-1} N fueron estadísticamente iguales, en crujibilidad, los frutos tratados con 120 kg

ha^{-1} N fueron superiores (3.65) al control, lo cual concuerda con el hecho de que el N incrementa la firmeza de la pulpa al cosecharla y después de almacenamiento reduce la pérdida de peso durante el almacenamiento (Noë, 1997). La harinosidad y jugosidad registraron los valores menores con 60 kg ha^{-1} N, lo que coincide con que estas mismas fueron las que presentaron la menor firmeza y el carácter crujiente. Es importante que la interacción N*Fracción, 120 kg ha^{-1} N fracción 031220 presentó la menor harinosidad (2.0). El mayor dulzor (3.88) se registró con 180 kg ha^{-1} N fracción 130202. En un estudio de Remón *et al*. (1999), el 85 % de la población expresó su preferencia por una textura crujiente; a su vez, el sabor es uno de los parámetros más relacionados con la sensación hedónica en el consumo de frutas, destacando mayor agrado por las manzanas dulces.

Conclusiones

La mejor respuesta tanto para las características fisicoquímicas y sensoriales se obtuvo con 120 kg ha^{-1} N, que produjo las manzanas más firmes, maduras, jugosas, crujientes y dulces; el sabor y olor fue mayormente aceptado para 180 y 120 kg ha^{-1} N.

Bibliografía

PRSPM, Plan Rector Sistema Nacional Manzana.2009. Comité Nacional Sistema Producto Manzana A.C.VII Etapa.50p.

Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP-SAGARPA. 2009. Base de datos 1989 -2009.

Wills R.B.H, McGlasson W.B, Graham D., Lee T.H., Hall E.G., 1989. Physiological disorders. p73-87. In: Postharvest : An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables. 3rd ed. S. China Printing Company. Hong Kong.

Patte, H. (ed). 1985. Evaluation of quality of fruit and vegetables. AVI Publishing Company, Inc. Westport, Conn. 315p.

Remón S, Ferrer A, Oria R. 1999. Variedades de manzana: aceptación por aspecto externo y características gustativas. Revista Fruticultura Profesional. 106:33-41

Karlsen A.M., Aaby K., Sivertsen H., Baardseth P., Ellekjaer M.R., 1999. Instrumental and sensory analysis of fresh Norwegian and imported apples. Food Quality and Preference 10, 305-314.

Weinbaum S.A., Klein I, Muraoka T.T. 1987. Use of nitrogen isotopes and a light-textured soil to assess annual contributions of nitrogen from soil and storage pools in mature almond trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:526-529.

Satoru K, Hiraoka K. 2002. Changes in the expression of anthocianin biosynthetic genes during apple development. Hort Science. 129:971-976

Brecht J., Ritenour M, Sargent S. 2003. Harvest nutrition impacts postharvest quality. American vegetable grower, ProQuest Agricultural Journals. 38-39.

Wojcik P. 2002. Yield and 'Jonagold' apple fruit quality as influenced by spring sprays with comercial rosatop material containing calcium and boron. Journal of Plant Nutrition. 25:999-1010.

Warner G. 1998. Apples must be crunchy-as web as flavorful. Good Fruit Grower. Jan 15, 1998. 12p.

Calvo G, Candan A.P. 2004. Relación entre los parámetros de madurez y el análisis sensorial de manzanas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Alto Valle. Buenos Aires Argentina. http:/INTA.gob.ar/alto valle.

López A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas, del campo al mercado. Boletín de servicios Agrícolas de la 151. Argentina. ISSN 1020-4334

Hammet H.R. 1980. Evaluation of fresh market and storage quality of North Carolina apples. North Carolina Agricultural Research Service in cooperation with the United states Dep. of Agricultural. Tech Bu.262:25.

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.

Bramlage W.J., Drake M., Baker J.H. 1979. Changes in calcium level in apple cortex tissue shortly before harvest and during postharvest storage. Commun. Soil Sci. Planta Anal. 10:417-426.

Cooper T. 2001. Nitrógeno y calidad en manzanas 'Delicious'. Revista UNIFRUT. Marzo 2001.10-11pp.

Noë N, Eccher T, Porro D, Stainer R. 1997. Quality of 'Golden Delicious' apples as affected by season and by nitrogen and potassium mineral nutrition. Acta Hort. (ISHS) 448:487-498. http://www.actahort.org/books/448/448_87.htm.

APLICACIÓN DE BIOFERTILIZANTE EN HÍBRIDOS DE MAÍZ DE LA UNAM EVALUADOS EN CUATRO AMBIENTES

Tadeo Robledo, M.[1*]; Espinosa Calderón, A.[2]; Alcántar Lugo, H. J.[1]; Irizar Garza, M. B. G.[2]; Turrent Fernández, A.[2]; Martínez Yañez, B.[1]; Arteaga Escamilla, I.[1]; Zaragoza Esparza, J.[1]; Sierra Macías, M.[3]; Palafox Caballero, A.[3]; Andrés Meza, P.[3]; Zamudio González, B.[2]

[1]UNAM *campus* Cuautitlán, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. México.
[2]CEVAMEX, INIFAP. Texcoco, Estado de México, México.
[3]CECOT, INIFAP. Veracruz, Veracruz, México.

*Autor responsable: tadeorobledo@yahoo.com; Calle Carretera Cuautitlán – Teoloyucán, Núm. Km 2.5, Col. Cuautitlán Izcalli, Estado de México. México. CP 54714; Tel. +52(55)-56-231971

Resumen

Como alternativa para elevar la producción de maíz, se promueve por el alto costo de los fertilizantes la aplicación del Micorriza (*Glomus intraradices*), en este trabajo se probó en tres híbridos de maíz de la UNAM, este biofertilizante, para determinar el rendimiento, en las versiones androesteril y fértil, en el ciclo primavera verano 2012, en las localidades de UNAM *campus* Cuautitlán y CEVAMEX, INIFAP. Se evaluó la combinación de los tratamientos con y sin aplicación de micorriza. El diseño fue bloques completos al azar, las siembras se efectuaron en la primera y segunda quincena de mayo de 2012. El análisis estadístico como factorial, consideró los factores principales ambientes, genotipos, androesterilidad, biofertilizante, así como las interacciones entre estos factores. El análisis de varianza detectó para rendimiento diferencias altamente significativas para ambientes e híbridos, no así para otros factores o interacciones. La media de rendimiento fue de 7740 kg ha^{-1} y el CV% fue de 17.2%. El mejor ambiente fue la segunda fecha en la UNAM *campus* Cuautitlán (9493 kg ha^{-1}); No hubo efecto de la aplicación de Micorriza en la media del rendimiento (7674 kg ha^{-1}) siendo similar estadísticamente al tratamiento testigo sin aplicación de micorriza (7807 kg ha^{-1}). El rendimiento más alto lo exhibió Puma 1187 AE3, con 8686 kg ha^{-1}, similar estadísticamente a Puma 1183 AE2 (8149 kg ha^{-1}, y diferentes estadísticamente a Puma 1183 AE1 que rindió 6385 kg ha^{-1}. El rendimiento medio de los híbridos en la media de las versiones androestéril (7887 kg ha^{-1}) y fértil (7594 kg ha^{-1}fue similar estadísticamente.

Palabras clave: biofertilizante; semillas; androesterilidad.

Introducción

En México se siembran anualmente 8.5 millones de hectáreas de maíz, y se genera una producción de poco más de 22 millones de toneladas de grano de maíz; sin embargo, cada año se recurre a la importación de siete millones de toneladas de grano entero de maíz y de tres millones de toneladas de grano quebrado de maíz. Tales niveles de importación se explican, en parte, por el rendimiento medio que se obtiene en el país, que es de 2.8 ton ha^{-1}. Una alternativa para tratar de elevar esos niveles de producción es el uso de variedades mejoradas, entre las que se encuentran los híbridos (Ortiz *et al.,* 2007), aunado al uso de semillas mejoradas, indispensable acompañar a estas, de una adecuada fertilización, para lograr niveles óptimos de producción. El uso de semillas mejoradas, fertilizantes y otros agroquímicos, son importantes para avanzar en la productividad agrícola, existe polémica sobre las repercusiones colaterales, por el excesivo uso de fertilizantes químicos a base de nitrógeno, fósforo y otros agroquímicos y las consecuencias de ello, su elevado precio y el impacto ambiental y ecológico. Con el cierre de Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX) y la

importación de fertilizantes en México, los precios se han incrementado considerablemente, lo que hace prohibitivo el empleo de fertilizantes químicos.

Ante la problemática anterior, la necesidad de incrementar la producción y las limitaciones para la aplicación de fertilizantes químicos, una alternativa que se ha explorado desde hace años en México, es el uso de los biofertilizantes, los cuales se utilizaron en forma extensiva a partir de 1999, a través de la promoción que efectuó el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para aprovechar la disponibilidad de biofertilizantes desarrollados para su aplicación en cultivos como maíz, trigo, sorgo, entre otros cultivos.

En el caso de los inoculantes microbianos se conoce que es necesario hacer una estricta selección de las mejores bacterias u hongos que promuevan el crecimiento vegetal y el rendimiento de los cultivos. Por ejemplo, los biofertilizantes desarrollados en la UNAM a base de las bacterias del género *Azospirillum* aplicados en cultivos de cereales y del género *Rhizobium* en frijol, son productos de años de investigación básica y aplicada, seleccionando los mejores individuos, llamados cepas, de estas especies de bacterias y evaluando su efecto en diferentes variedades y cultivos agrícolas, así como en suelos y climas muy diversos.

En México, el uso extensivo de los biofertilizantes para cereales, principalmente maíz, es relativamente reciente. A pesar de que no existen registros estrictos sobre la cantidad de hectáreas beneficiadas con la aplicación de estos productos, principalmente a base de *Azospirillum brasilense* en el maíz, se estima que se rebasa los 2.5 millones de hectáreas. El interés por el uso de los biofertilizantes ha captado el interés de algunos gobiernos estatales y del titular de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Empero, ante la creciente popularidad de los biofertilizantes, la certificación de éstos por personal altamente calificado es requisito indispensable e inaplazable, pero además es necesario dar certeza sobre el desempeño de este insumo, y así evitar que el engaño, acabe con una probable alternativa agrícola en desarrollo.

El objetivo de la biofertilización es el de formar asociaciones de microorganismos – planta, capaces de incrementar la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, así como incrementar la disponibilidad de nutrientes y hacer eficiente la absorción de los mismos (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000; Uribe, 2004). El interés agronómico de las micorrizas radica en la capacidad de las hifas externas de las raíces infectadas para absorber nutrimentos del suelo y trastocarlos a la parte aérea de las plantas, su efecto repercute tanto en nutrientes móviles y de baja movilidad como cobre y zinc (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 2000). El beneficio que brinda la asociación hongo-planta es en el crecimiento e incremento de las posibilidades de la toma de nutrientes por las plantas en: los bajos niveles de fósforo asimilable o alta capacidad de fijación de este elemento en el suelo, la alta velocidad en los procesos de fijación en el suelo y sus respectivas pérdidas (Alarcón y Ferrara-Cerrato, 1988).

El objetivo de este trabajo fue determinar la respuesta en productividad de grano de tres híbridos trilineales de maíz, cada uno en versión androestéril y fértil, ante la aplicación de biofertilizante en comparación con el testigo sin aplicación de biofertilizante.

Materiales y Métodos

Los experimentos se sembraron en el ciclo primavera-verano 2012 en cuatro ambientes, dos en el Campo Experimental de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM *campus* Cuautitlán), a una altitud de 2252 y otros dos en el CEVAMEX, en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX) del INIFAP ubicado en Santa Lucía de Prías, a 2240 m de altitud. Los cuatro experimentos se sembraron usando diseño experimental bloques completos al alzar, con cuatro repeticiones, el análisis se efectuó en forma combinada, considerando los factores: ambientes (4), híbridos (3), versión androestéril/fértil (2), tratamientos con y sin biofertilizante (2), así como las interacciones entre estos factores. Cada unidad experimental consistió en un surco de 5 metros de largo por 0.8 metros de ancho.

Los híbridos fueron los híbridos Puma 1187 AEC3. Puma 1183 AEC2 y Puma 1183 AEC1, desarrollados en la UNAM *campus* Cuautitlán (Tadeo *et al*., 2010). En los cuatro ambientes la

preparación del terreno, consistió de un barbecho, dos pasos de rastra, cruza y surcado a 80 cm. Se empleó la fórmula de fertilización 80-40-00, la cual se aplicó al surcar. Se usó urea como fuente de nitrógeno (46-00-00) y como fuente de fósforo, fosfato diamónico en la FESC-UNAM y en Santa Lucía de Prías, el superfosfato de calcio triple. Para el presente trabajo se utilizó el biofertilizante producido y comercializado por el INIFAP a base de una micorriza arbuscular. Se colocó en sobres la cantidad de semilla necesaria para sembrar un surco de 5 metros de largo, con un golpe de tres semillas a 50 cm uno de otro, cabe mencionar que está semilla no estaba tratada con ningún tipo de plaguicida. Las semillas de los tratamientos a base de biofertilizante fueron preparadas antes de la siembra en el laboratorio de CEVAMEX, colocándoles adherente para el producto comercial y agua, se mezcló mecánicamente hasta tener una mezcla homogénea, y posteriormente se le agregó el biofertilizante a razón de 1 kg de micorriza en 40 kg de semilla, con una proporción de concentración de 40 esporas por gramo, con 85 % de colonización radicular, Todo esto evitando el contacto directo con los rayos del sol, justamente como lo indican las instrucciones del producto.
El control de malezas se realizó mediante dos aplicaciones de herbicida durante el ciclo; la primera en preemergencia, un día después de la siembra, con la mezcla de 1.0 L de Hierbamina (2,4 D-amina) más 3.0 kg de Gesaprim (Atrazina) por hectárea. La segunda aplicación, en la UNAM *campus* Cuautitlán, fue 20 días después de la siembra, y en Santa Lucía de Prías; un día después de la segunda escarda; en los cuatro experimentos se aplicó la mezcla de 1.5 L de Sansón (Nicosulfuron 4.19%), más 1.0 L de Hierbamina (2,4 D-amina) más 3.0 kg de Gesaprim (Atrazina), por hectárea.

El número de días a floración masculina y femenina se registró cuando el 50 % de las plantas de cada parcela estaba liberando polen, en el caso de las versiones fértiles y cuando se había expuesto la espiga en el caso de las versiones androestériles; la floración femenina se registró cuando igual porcentaje de plantas habían expuesto los estigmas en por lo menos 3 cm.

La cosecha se realizó en los cuatro experimentos a fines de noviembre de 2012. Se cosecharon todas las mazorcas, de la unidad experimental, con más de 60% de semillas sanas y atractivas comercialmente. En una muestra de cinco mazorcas se midió el porcentaje de humedad de la semilla (mediante un determinador de humedad electrónico Stenlite), el porcentaje de grano (resultado de dividir el peso de grano entre el peso de la mazorca y el cociente multiplicado por 100), la longitud de mazorca, número de hileras por mazorca, granos por hilera. La altura de planta se midió desde al ras del suelo la parte final de la espiga. La altura de la mazorca se midió desde el ras del suelo hasta el nudo nudo donde se inserta la mazorca superior en una muestra de cinco plantas, en ambos casos el dato se tomó antes de la cosecha. Finalmente se estimó el rendimiento de grano (kg ha^{-1}) al 14% de humedad, mediante la fórmula:

Rendimiento = (PC x % MS x % G} x FC)/8600, donde:

PC = peso de campo del total de mazorcas cosechadas por parcela expresado en kilogramos.

% MS = porcentaje de materia seca; calculado con base en la muestra de grano de cinco mazorcas recién cosechadas, se obtuvo con un determinador eléctrico Stenlite, restando a 100 la humedad para obtener el porcentaje de materia seca.

% G = porcentaje de grano, obtenido como el cociente peso de grano/peso de mazorca.

FC= Factor de conversión para obtener rendimiento de grano por ha^{-1}; y 8600= es un factor para estimar el rendimiento de grano al 14% humedad; requerida cuando se comercializa semilla.

El análisis estadístico de forma combinada, consideró los factores: Ambientes (A), genotipos (G); versiónes androestéril/fértil (AE/F); aplicación de biofertilizante (B); así como todas las interacciones. En la comparación de medias se aplicó la prueba de Tukey al 0.05 de probabilidad.

Resultados y Discusión

El análisis de varianza detectó para rendimiento diferencias altamente significativas para ambientes e híbridos, no así para ningún otro factor de variación e interacciones. Para floración masculina, floración femenina, altura de planta e hileras por mazorca se presentaron diferencias altamente significativas para los factores ambiente e híbridos. En el caso de ambientes, también hubo

diferencias altamente significativas para altura de mazorca, longitud de mazorca, granos por hilera y granos por mazorca. La media de rendimiento fue de 7740 kg ha^{-1} y el C.V.% fue de 17.2%.

El ambiente donde hubo mejor rendimiento, correspondió a la UNAM *campus* Cuautitlán, en la segunda fecha de siembra, en la primera quincena de mayo (9493 kg ha^{-1}); este rendimiento fue diferente a los otros tres ambientes, en los cuales hubo diferencia en la comparación de medias (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de medias de cuatro ambientes de evaluación considerando la media de tres híbridos de maíz en sus versiones Fértiles y Androestériles, bajo aplicación de Biofertilizante y sin Biofertilizante. Primavera – Verano 2012.

Ambiente	Rendiento. (kg ha^{-1})	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Hileras por Mazorca	Granos por Hilera	Granos por Mazorca
F2 FESC	9493 a	82 a	83 a	224 c	109 c	15.2 ab	15.5 a	31 a	482 a
F1 FESC	8336 b	78 a	79 b	244 b	134 a	15.5 a	15.2 a	31 a	474 a
F2 CEVAMEX	7608 c	75 d	76 c	244 b	121 b	14.8 b	14.5 b	32 a	463 a
F1 CEVAMEX	5524 d	76 c	78 b	264 a	122 b	14.0 c	14.4 b	28 b	419 b
D.M.S.H. (0.05)	708	0.9	1	8	6	0.6	0.4	1	32

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En la comparación de medias entre híbridos, rendimiento más alto correspondió al Puma 1187 AE3, con 8686 kg ha^{-1}, similar estadísticamente a Puma 1183 AE2 (8149 kg ha^{-1}, y diferentes estadísticamente a Puma 1183 AE1 que rindió 6385 kg ha^{-1}(Cuadro 2), estos genotipos fueron desarrollados en el programa de mejoramiento genético de la UNAM *campus* Cuautitlán y han mostrado rendimientos competitivos en trabajos previos (Tadeo *et al.,* 2010).

Cuadro 2. Comparación de medias para tres híbridos de maíz en sus versiones Fértiles y Androestériles considerando la media de la aplicación de Biofertilizante y sin Biofertilizante, evaluados en cuatro ambientes. Primavera – Verano 2012.

Genotipo	Rendimiento. (kg ha^{-1})	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Hileras por Mazorca	Granos por Hilera	Granos por Mazorca
PUMA 1187 AEC3	8686 a	76 c	77 c	254 a	119 a	15 a	15 a	30 a	467 a
PUMA 1183 AEC2	8149 a	77 b	79 b	240 b	124 a	15 a	14 b	31 a	446 a
PUMA 1183 AE1	6385 b	79 a	81 a	237 b	122 a	15 a	14 b	31 a	465 a
D.M.S.H. (0.05)	559	0.7	0.8	6	5	0.5	0.4	1	26

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En la comparación de medias para las versiones androestériles y fértil, para rendimiento, la media de los híbridos en la versión androestéril (7887 kg ha^{-1}) y fértil (7594 kg ha^{-1} fue similar estadísticamente (Cuadro 3). Aún cuando se esperaba que hubiese cierta diferencia entre estas versiones como en trabajos previos, en los cuales la versión androestéril propicia un mayor rendimiento, por no gastar fotosintatos en la formación de granos de polen (Tadeo*, et al*., 2010).

Cuadro 3. Comparación de medias para la versión Fértil y Androestéril considerando la media de tres híbridos con aplicación y sin aplicación de biofertilizante, evaluados en cuatro ambientes. Primavera – Verano 2012.

Versión Androesteril/ Fértil	Rendimiento (kg ha^{-1})	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Hileras por Mazorca	Granos por Hilera	Granos por Mazorca
Androestéril	7887 a	78 a	79 a	241 b	123 a	15.0 a	14.7 b	31 a	458 a
Fértil	7594 a	77 b	79 a	246 a	119 b	14.7 a	15.1 a	31	461 a
D.M.S.H. (0.05)	380	0.5	0.6	4	3	0.3	0.2	0.6	17

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Para cumplimentar el objetivo del trabajo que es determinar la respuesta en productividad de grano de tres híbridos trilineales de maíz, cada uno en versión androestéril y fértil, ante la aplicación de biofertilizante en comparación con el testigo sin aplicación de biofertilizante, en el cuadro 4, se presenta la comparación de medias para el tratamiento con y sin biofertilizante. Se observa que ambos tratamientos presentaron rendimientos cercanos; el producido por el tratamiento con biofertilizantes fue 7674 kg ha$^{-1,}$ estadísticamente similar al producido sin biofertilizante (7807 kg ha^{-1}). El rendimiento similar con y sin aplicación de biofertilizante, podría haber sido influenciado por la fertilización que se aplicó previa a la siembra, con fertilizante convencional, esta ausencia de respuesta al biofertilizante la han reportado otros trabajos (Díaz-Franco, *et al*., 2008; Aguirre, *et al.,* 2012; Espinosa*, et al.,* 2012), lo que es contrario a otros trabajos como el de (Cruz-Chavez, 2007), quien reporta incrementos de 21% en rendimiento en la Depresión Central de Chiapas, en dos parcelas de maíz criollo de 2,990 kg ha^{-1} en el testigo y de 3,646 kg ha^{-1} en las parcelas tratadas con *Glomus intraradices.* Tampoco coincide con Arredondo*,* (2003) quienes encontraron incrementos del 11% en el rendimiento de grano de maíz con la biofertilización de *A. brasilense y Glomus intraradices* en comparación con el testigo. Los resultados de este trabajo también contrastan con lo que reporta (Grageda-Cabrera, 2008), con rendimientos de maíz de 9,336 kg ha^{-1} en el tratamiento testigo y de 10,069 kg ha^{-1} para parcelas biofertilizadas con micorriza, con una diferencia del 8%. En forma un tanto similar (González-Camarillo, 2010), en el estado de Guerrero en dos parcelas de validación con el híbrido de maíz H -565 y la dosis de fertilización de 90-60-00 aplicada al testigo y a parcelas tratadas con micorriza INIFAP, reporta rendimientos promedio de 6,900 kg ha^{-1} para el testigo y 7,700 kg ha^{-1} para el tratamiento con micorriza; esta diferencia representa 11% más de rendimiento mediante el empleo de la micorriza INIFAP. Lo anterior señala la conveniencia de verificar en siguientes ciclos los resultados obtenidos con los maíces androestériles y fértiles, con un manejo de otras fechas de siembra, así como combinaciones de tratamientos fertilizantes, donde pudiese expresarse el efecto de *Glomus intraradices*, pero sobre todo para tener mayor información de la respuesta a este biofertilizante.

La comparación de medias (Tukey 0.05) para la aplicación de biofertilizante y el testigo, en las otras variables, mostró similar comportamiento, es decir fueron iguales estadísticamente con y sin aplicación de biofertilizante, lo que señala que la aplicación de biofertilizante no tuvo un efecto en la expresión de cada una de las variables medidas (Cuadro 4).

Conclusiones

El mejor ambiente fue la segunda fecha en la UNAM *campus* Cuautitlán; No hubo efecto de la aplicación de Micorriza en la media del rendimiento (7674 kg ha^{-1}) siendo similar estadísticamente al tratamiento testigo sin aplicación de micorriza (7807 kg ha^{-1}). El rendimiento más alto lo exhibió Puma 1187 AE3, con 8686 kg ha^{-1}, similar estadísticamente a Puma 1183 AE2 (8149 kg ha^{-1}, y diferentes estadísticamente a Puma 1183 AE1 que rindió 6385 kg ha^{-1}. El rendimiento medio de los híbridos en la media de las versiones androestéril (7887 kg ha^{-1}) y fértil (7594 kg ha^{-1}fue similar estadísticamente.

Cuadro 4. Comparación de medias de aplicación de biofertilizante y sin aplicación, considerando la media de tres híbridos en sus versiones Fértiles y Androestériles, evaluados en cuatro ambientes. Primavera – Verano 2012.

Biofertilizante/ Testigo.	Rendimiento (kg ha^{-1})	Floración Masculina (días)	Floración Femenina (días)	Altura Planta (cm)	Altura Mazorca (cm)	Longitud de Mazorca (cm)	Hileras por Mazorca	Granos por Hilera	Granos por Mazorca
Con Biofertilizante	7674 a	78 a	79 a	244 a	120 a	15.0 a	15 a	30 a	454 a
Sin Biofertilizante	7807 a	78 a	79 a	244 a	123 a	14.8 a	15 a	30 a	465 a
D.M.S.H. (0.05)	381	0.5	0.5	4	3.3	0.3	0.2	0.6	17

Medias con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Agradecimientos

Se reconoce el apoyo económico del Proyecto UNAM, PAPIIT IT201312.

Bibliografía

Aguirre-Medina J.F., Durán-Prado A., Peña del Río A., Grageda-Cabrera O. y Irizar-Garza M.B.G. 2012. Micorriza INIFAP: Biofertilizante para el Campo Mexicano. In: Aguado-Santacruz, G.A. (ed.). Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura. INIFAP/SAGARPA. México, pp.219-240.

Alarcón, A Y Ferrera-Cerrato, D. 1988. Biofertilizantes: Importancia y Utilización en la agricultura. Agricultura Técnica en México. Vol. 26(2): 191-203.

Alarcón A. y R. Ferrera –Cerrato (eds.). 2000. Ecología, Fisiología y Biotecnología de la Micorriza Arbuscular. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Mundi Prensa. México. 251 p.

Arredondo, V.C., Luévanos, A. y Aguirre-Medina, J.F. 2003. Azospirillum y micorriza, complementos a la fertilización del maíz en los Valles Centrales de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales del Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Folleto Técnico Núm. 3. Oaxaca, México.

Díaz-Franco. A., Salinas, G.J., Garza, C.I. y Mayek, P.N. 2008. Impacto de labranza e inoculación micorrízica arbuscular sobre la pudrición carbonosa y rendimiento de maíz en condiciones semiáridas. Rev. Fitotec. Mex. 31:257-263.

Espinosa C., A., Tadeo R., M., Zamudio G., B., Turrent F., A., Arteaga E., I., Trejo P., V., Martínez Y., B., Canales I., E., Zaragoza E., J., Sierra M., M., Gómez M., N., Valdivia B., R., Palafox C., A. 2012. Rendimiento de cruzas simples de maíz en versión androestéril y fértil bajo diferentes densidades de población. Ciencias Agrícolas Informa, 21: 78-85.

Espinosa C.A., Tadeo R.M., Irizar G.M.B., Turrent F.A., Martínez Y.B., Gómez M.N., Sierra M.M., Palafox C.A., Rodríguez M.F.A., Zamudio G.B., Arteaga E.I., Canales I.E.I., Valdivia B.R., Alcántar L.H.J. 2012. Efecto de la aplicación de micorriza en semilla de diez híbridos de maíz de valles altos. Memoria de la reunión nacional de investigación e innovación pecuaria agrícola forestal y acuícola-pesquera 2012. México.

González-Camarillo, M. 2010. Informe del Proyecto Transferencia de Tecnología en Biofertilizantes-SAGARPA-FIRCO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional de Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala. Iguala, Gro.

Ortiz C., J., R. Ortega P., J. Molina G., M. Mendoza R., M. C. Mendoza C., F. Castillo G., A. Muñoz O., A. Turrent F., A. Kato-Yamakake. 2007. Análisis de la Problemática de la producción nacional de maíz y propuestas de acción. Grupo Xilonen, Universidad Autónoma Chapingo- Colegio de Postgraduados-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chapingo, México. 29 p.

Uribe, V. G. 2004. Los Biofertilizantes en la Producción de Maíz en Yucatán. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Sureste. Campo Experimental Uxmal. Folleto Técnico. pp. 27.

Tadeo R., M., Espinosa C., A., Serrano R., J., Sierra M., M., Caballero H., F., Valdivia B., R., Gómez M., N., Palafox C., A., Rodríguez M., F. A., Zamudio G., B. 2010. Productividad de diferentes combinaciones de semilla androestéril y fértil en dos híbridos de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 1 (3 y 1): 273-287.

CONCENTRACIÓN DE BIOMOLÉCULAS EN *Zantedeschia albomaculata* POR EFECTO DE FERTILIZACIÓN CON N Y K POR FASES FENOLÓGICAS

Torres-Flores, N. I.[1*]; Trejo-Téllez, L. I.[1]; Tejeda-Sartorius, O.[1,2]; Trejo-Téllez, B. I.[2]; Ramírez-Martínez, M.[1] y Gómez-Merino, F. C.[3]

[1]Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Km 36.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Montecillo, Texcoco, Estado de México.
[2]Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide No. 73. 78600. Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí.
[3]Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Km 348 Carretera Córdoba-Veracruz. 94946, Amatlán de los Reyes, Veracruz.

*Autor responsable: nadia.torres@colpos.mx; Área de Nutrición Vegetal. Colegio de Postgraduados. Tel y Fax 59595101 98.

Resumen

Se evaluaron nueve tratamientos resultado de la aplicación de tres dosis de N en etapa vegetativa (0.5, 1.5 y 2.5 g planta^{-1}) y de tres dosis de K en etapa reproductiva (4, 6 y 8 g planta^{-1}) en alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano), sobre la concentración de clorofila total, azúcares y aminoácidos totales solubles, evaluados durante la etapa reproductiva. Se utilizó un experimento completamente al azar con diez repeticiones. La dosis de 8 g planta^{-1} de K aplicada en etapa reproductiva se relacionan de manera positiva con las concentraciones foliares de clorofila total y de aminoácidos solubles totales, cuando en la etapa vegetativa las plantas se fertilizan con la dosis de 0.5 g planta^{-1} de N. Por el contrario, el N a dosis de 1.5 y 2.5 g planta^{-1}, incrementa la concentración foliar de aminoácidos solubles totales, solo cuando el K es aplicado en las dosis de 4 y 6 g planta^{-1} durante la etapa reproductiva.

Palabras clave: Alcatraz; clorofila; azúcares; aminoácidos

Introducción

La especie *Zantedeschia* es una planta ornamental que en la actualidad ha cobrado importancia, debido a características tales como espata vistosa y follaje frondoso, que la hacen muy atractiva (López *et al*., 2005); diversos géneros de *Zantedeschia* se han cultivado como plantas de jardín y como flores de corte desde hace muchos años (Bahamonde, 2006). Uno de los factores determinantes en la producción de alcatraz, es la disponibilidad de nutrientes, ya que una nutrición adecuada es esencial para un desarrollo sano, vigoroso y equilibrado que conduzca a una producción óptima (González, 2009). El género *Zantedeschia* ofrece una amplia diversidad de colores, pero su tiempo de explotación es reciente en nuestro país, por lo que no se encuentra difundido a pesar de la gran aceptación de los consumidores finales. Clark y Bolding (1990), mencionan que un buen programa de fertilización en alcatraz debe incluir principalmente N y K, debido a que son los nutrimentos que en mayor cantidad requiere el cultivo. El N es esencial en el crecimiento del vegetal, ya que es constituyente de moléculas como, clorofila, aminoácidos, proteínas y enzimas, además de intervenir en procesos metabólicos, como la utilización de los carbohidratos (Perdomo, 2010). El K es el catión más abundante en los procesos metabólicos de las plantas, además de favorecer la síntesis de proteínas, el proceso fotosintético y el transporte de azúcares desde las hojas a los frutos; por lo tanto, un adecuado suministro de K incrementará el rendimiento y acumulación de sólidos solubles en frutos (principalmente azúcares) en el período de cosecha (Tjalling, 2006).

En el contexto anterior, este trabajo plantea como objetivo la evaluación de nutrición nitrogenada en etapa vegetativa y de nutrición potásica en etapa reproductiva sobre la concentración de clorofilas, azúcares y aminoácidos en *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano.

Materiales y Métodos

Esta investigación fue desarrollada bajo condiciones de invernadero. Los rizomas utilizados fueron de la especie *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano con espata de color rojo-naranja; los rizomas fueron desinfectados con una solución de Mancozeb® + Tecto® 60 a razón de 2 g L^{-1} de agua durante 15 min para prevenir enfermedades fungosas. En seguida se introdujeron en una solución de 100 mg L^{-1} de ácido giberélico, por 15 min para asegurar la floración. Posterior a la desinfección, los rizomas fueron plantados en bolsas de polietileno negro usando como sustrato una mezcla de tezontle de 3 mm + Agrolita® (60/40, v/v); las unidades experimentales fueron bolsas de polietileno negro 25 x 25 cm conteniendo un rizoma. Se evaluaron nueve tratamientos resultantes de la combinación de la aplicación de tres dosis de nitrógeno (0.5, 1.5 y 2.5 g $planta^{-1}$) durante la fase vegetativa y de tres dosis de potasio (4, 6 y 8 g $planta^{-1}$) en la fase reproductiva. Se utilizó un experimento completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento. Los niveles de N y K evaluados fueron suministrados de manera fraccionada durante las fases fenológica y reproductiva, respectivamente, en la solución nutritiva de Steiner al 100% (Steiner, 1984), sin variación en el resto de los nutrimentos que la constituyen. La aplicación de tratamientos se inició 15 días después de la plantación (ddp), aplicando 250 mL por maceta dos veces por semana. Durante la fase reproductiva (Figura 1) se evaluaron las concentraciones foliares de las biomoléculas siguientes: clorofila total (método de Harborne, 1973), y aminoácidos solubles totales (protocolo de Geiger *et al*., 1998); y la concentración de azúcares solubles totales (por el método de Southgate (1976) en espata.

Con los resultados obtenidos se realizaron análisis de varianza y pruebas de comparación de medias por Tukey (α=0.05) con el software Statistical Analysis System (SAS, 2002).

Figura 1. Planta (a) y flor cosechada (b) de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano en condiciones de invernadero.

Resultados y Discusión

Entre los estimadores de la fotosíntesis de mayor importancia, los más utilizados son el peso específico de la hoja, la concentración de carbohidratos, de proteínas solubles y de clorofila (Reyes *et al*., 1998). En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos en la variable clorofila total, donde se observan diferencias estadísticas entre tratamientos. La concentración más alta de clorofila se registró en el tratamiento consistente en la fertilización nitrogenada con 1.5 g $planta^{-1}$ en la etapa vegetativa y 4 g $planta^{-1}$ de K en la etapa reproductiva. Es importante destacar que con la dosis baja de N en etapa vegetativa, existe un efecto positivo de la aplicación creciente de K en la etapa reproductiva.Marschner (1986) menciona que más de 75% del nitrógeno se localiza en los

cloroplastos, principalmente en forma de enzimas, y que una deficiencia de este elemento tendrá un efecto directo en la síntesis de clorofila. En este sentido, se observa de manera general, que la dosis de N en la que se presenta la mayor concentración de clorofila, independiente a la dosis de K suministrada en la etapa reproductiva, es la de 1.5 g planta^{-1}. Las concentraciones foliares de azúcares solubles totales (Figura 3), son superiores con la dosis más baja de N aplicada en etapa vegetativa. Perdomo (2010) indica que existe una relación negativa entre la disponibilidad de N y la calidad de las cosechas, dado que un exceso de N normalmente ocasiona un alto rendimiento absoluto de un producto, pero con un bajo contenido de azúcares. De la misma manera, conforme se incrementan las dosis de K en etapa reproductiva, combinada con la dosis más baja de N en etapa vegetativa, existe un incremento en la concentración de azúcares en espata.

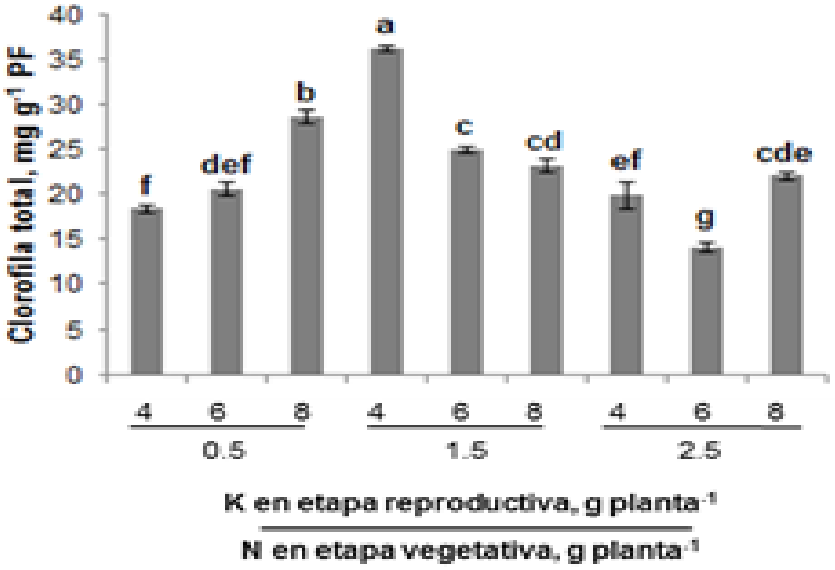


Figura 2. Concentración de clorofila total en hojas de alcatraz *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

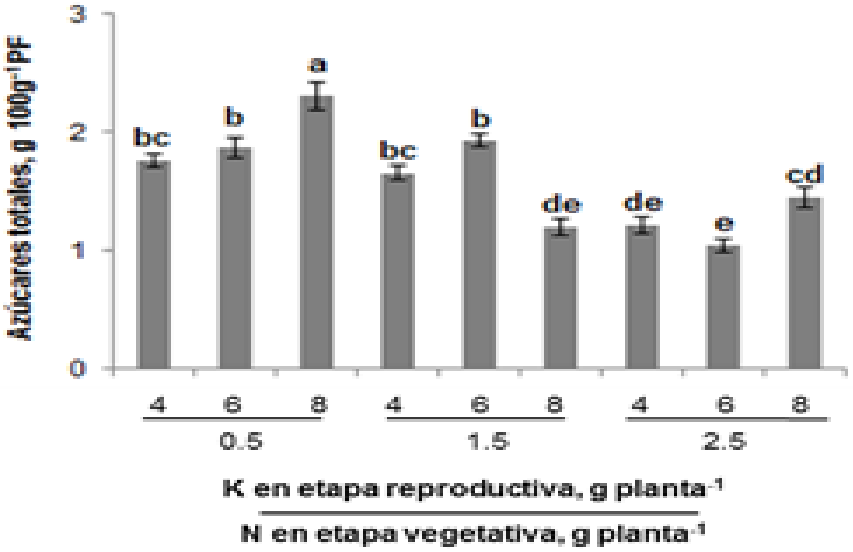


Figura 3. Concentración de azúcares totales en espatas de alcatraz *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

En la Figura 4, se observa en general, que existe una relación positiva entre la concentración foliar de aminoácidos solubles totales y la dosis de N suministrada en la etapa vegetativa. La excepción la representan las dosis más bajas de N, en combinación con las dosis altas de K aplicadas en etapa reproductiva. De esta manera, se observa que, por un lado, altas dosis de N incrementan concentraciones foliares de aminoácidos pero reducen las concentraciones foliares de azúcares (Tjalling, 2006). Por otra parte, los aminoácidos son sintetizados por las plantas a partir del nitrógeno absorbido, algunos de éstos como la glicina y el ácido L-glutámico incrementan la concentración de clorofila y en consecuencia se aumenta la tasa fotosintética (Perdomo, 2010). Al analizar los resultados obtenidos en estas variables (Figuras 2 y 4) se puede afirmar que en esta investigación no se observa una relación positiva entre las concentraciones de clorofila total y de aminoácidos; la concentración de aminoácidos es más alta con las dosis 1.5 y 2.5 g planta^{-1} de N suministradas; de manera contrario, la mayor concentración de clorofila se registró en hojas de plantas con menor suministro de N en la fase vegetativa.

Conclusiones

La dosis de 8 g planta^{-1} de K aplicada en etapa reproductiva se relacionan de manera positiva con las concentraciones foliares de clorofila total y de aminoácidos solubles totales, cuando en la etapa vegetativa las plantas se fertilizan con la dosis de 0.5 g planta^{-1} de N. Por el contrario, el N con las dosis de 1.5 y 2.5 g planta^{-1}, incrementan la concentración foliar de aminoácidos solubles totales cuando el K es aplicado en las dosis de 4 y 6 g planta^{-1} durante la etapa reproductiva. A partir de estos resultados, se recomienda en *Zantedeschia albomaculata* la fertilización con N en dosis de 0.5 g planta^{-1} en etapa vegetativa; y la mayor dosis de K (8 g planta^{-1}) en etapa reproductiva.

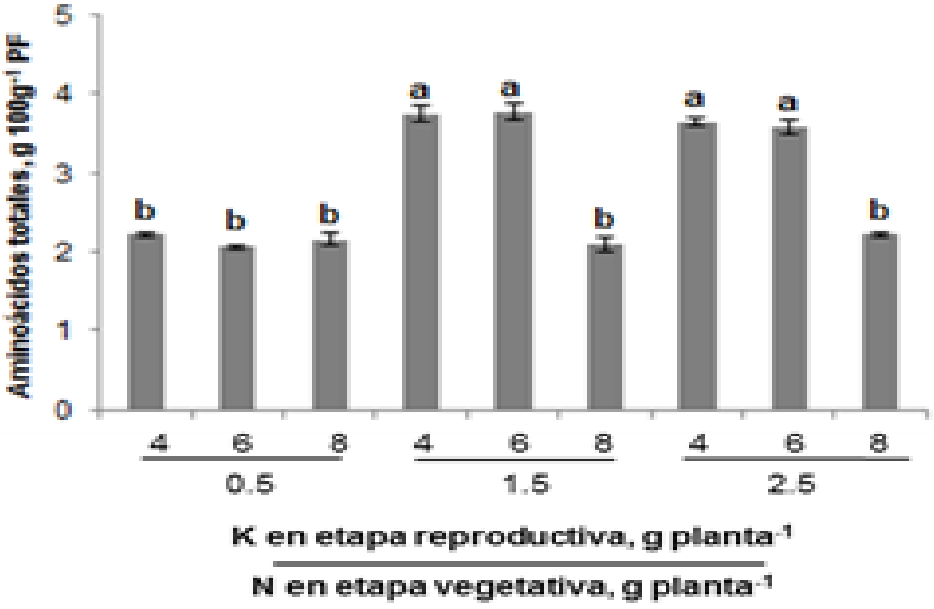


Figura 4**.** Concentración de aminoácidos totales en hojas de alcatraz *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano, en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

Agradecimientos

A la Línea Prioritaria de Investigación 4: Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje por el apoyo financiero para la realización de esta investigación.

Bibliografía

Bahamonde, B. P. V. 2006. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre híbridos de calas (*Zantedeschia* spp.). Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile, Chile.

Clark C. J. and H. L. Bolding. 1991. Biomass and mineral nutrient partitioning in relation to seasonal growth of *Zantedeschia*. Scientia Horticulturae 47: 125-135.

Geiger M., P. Walch-Liu; C. Engels; J. Harnecker;E. D. Schulze; F. Ludewig; U. Sonnewald; W. R. Scheible; and M. Stitt. 1998. Enhanced carbon dioxide leads to a modified diurnal rhythm of nitrate reductase activity and higher levels of amino acids in young tobacco plants. Plant Cell Environ. 21: 253-268.

González L., D. M. 2009. Solución Nutritiva Universal Steiner con diferentes concentraciones de N-NO_3 para el cultivo de alcatraz blanco (*Zantedeschia albomaculata*) y amarillo (*Zantedeschia elliotiana*).

Harborne, J. B. 1973. Chlorophyll extraction. *In:* J. B. Harbone (ed.). Phytochemical Methods. Recommended technique. Chapman and Hall, London.

López, V. A., J. Pérez, C. Sosa, J. M. Mejía y L. Bucio. 2005. El cultivo de plantas ornamentales tropicales. Instituto Para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. 117 p.

Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich. Fla. USA. 543 p.

Perdomo C. 2010. Nitrógeno. Cátedra de fertilidad. Área de Suelos y aguas. Facultad de Agronomía. Universidad de la república. Montevideo Uruguay.

Reyes S., M. I.; M. A. Villegas; M. T. Colinas L.; y G. Calderón Z. 1998. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. Especialidad de Postgrado en Fruticultura. IREGEP. Colegio de Postgraduados.

SAS. 2002. SAS High-Performance Forescasting 2.2: User´s Guide. (Vol. 1 & 2). Cary, NC: SAS Institute Inc. Ver. 9). 652 p.

Southgate, D. A. 1976**.** Determination of food carbohydrates. Applied Science Publishers. LTD. London. 105 pp.

Tjalling H. H. 2006. Crop Kit Tomato. Sociedad Química de México. SQM.

Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: ISOSC Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. 633-649.

PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO EN GIRASOL EN FUNCIÓN DEL BIOFERTILIZANTE Y NITRÓGENO

Arenas Julio Yasmani Rafael*, Escalante Estrada José Alberto S., Ortiz Solorio Carlos Alberto.

Programa de Botánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

* Autor responsable: arenas.yasmani@colpos.mx; Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Texcoco, Estado de México, México. CP 56230. Teléfono +52(595) 952 02 00 ext. 1330.

Resumen

Un cultivo alternativo al que se le ha dado escasa importancia es el girasol (*Helianthus annuus* L.) se introdujo como un cultivo industrial por su alto contenido de aceite (40-60%). Los biofertilizantes son soportes que contienen microorganismos vivos aplicados a la semilla, para la colonización de la rizósfera o en el interior de la planta, que promueven el crecimiento porque aumenta el suministro o disponibilidad de nutrimentos primarios a la planta. El nitrógeno (N) es el que mayor medida limita la producción de girasol, de ahí la importancia de conocer los requerimientos nutricionales y realizar diagnósticos de deficiencias. El objetivo fue determinar la biomasa y el rendimiento del girasol en función al biofertilizante y nitrógeno. El estudio se llevó a cabo en Montecillo Estado de México (19° 29´N; 98° 54´ O y 2250 msnm). Se utilizó un cultivar aceitero cv. Victoria, a la densidad de 8 plantas m^{-2}, con y sin biofertilizante y 0 y 100 kg N ha^{-1}. El diseño fue bloques completos al azar y cuatro repeticiones. A la cosecha se evaluó la biomasa total (BT), índice de cosecha (IC), rendimiento de grano (RG) y sus componentes. La producción de BT y RG fue mayor con la aplicación del biofertilizante y con 100 kg de N ha^{-1} obteniendo resultados de 1691 g m^{-2} y 482 g m^{-2} respectivamente. Donde no se adiciono biofertilizante y no se aplicó nitrógeno los valores fueron de 869 g m^{-2} y 287 g m^{-2} para BT y RG respectivamente. En conclusión el biofertilizante y la aplicación de N, incrementan la producción de materia seca y el RG.

Palabras clave: Biofertilizante; biomasa total; rendimiento de grano

Introducción

El girasol (*Helianthus annuus* L.) es una oleaginosa de gran importancia en el mundo, por su alto contenido de aceite en la semilla (45%) (García y Quinche, 2012). Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) y la rizobacteria promotora de crecimiento vegetal (RPCV) del genero *Azospirillum*, son de los microorganismos más estudiados (Alarcón *et al*., 2000; Loredo *et al.,* 2004; Sánches *et al*., 2008). La colonización micorrízica radical por el HMA ha demostrado incrementos de productividad de diversos cultivos en suelos con estrés hídrico (Sylvia *et al*., 1993; Kaya *et al*., 2003; Al-Karaki *et al*., 2004). La promoción con HMA se atribuye al mejor aprovechamiento de los nutrimentos inmóviles del suelo como fósforo, zinc y cobre. También, la colonización de HMA puede influir en la resistencia o sequía ya que provocan cambios en la elasticidad de las hojas, al incrementar su turgencia y los potenciales de agua, al moderar la apertura estomatal y la transpiración (Auge *et al*., 1995; Auge *et al*., 2004).

La fertilización es una alternativa para incrementar el rendimiento el cual esta ligado a los componentes y comportamientos fisiológicos propios de cada cultivo o planta en particular. Las plantas al competir por recursos naturales (luz, agua y nutrimentos) disminuyen su crecimiento.

La deficiencia del nitrógeno reduce el crecimiento vegetal y el desarrollo productivo de la planta, además induce la senescencia de las hojas reduciendo el potencial (Gerik *et al*., 1996; Tewolde and Fernandez, 2003). El objetivo del estudio fue determinar la biomasa y el rendimiento del girasol en función al biofertilizante y nitrógeno.

Materiales y Métodos

La investigación se llevó a cabo en el campus experimental del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, (19° 29' N y 98° 54' O, 2250 m de altitud), con clima Cw que corresponde al menos seco de los áridos con régimen de lluvias en verano, temperatura media anual de 14.6 °C y precipitación media anual de 500 mm (García, 2005). Al suelo se le realizó un análisis físico y químico previo al establecimiento del experimento, los cuales indican que el suelo es de textura arcillo-limosa, moderadamente alcalino (pH=7.8), la conductividad eléctrica (1.75 dSm^{-1}), materia orgánica (3.4%), medianamente rico en nitrógeno (N) total (0.158 %). La metodología empleada para la determinación de todos los elementos esenciales antes mencionados se hizo con base en al manual de la FAO 2003. La siembra fue el 11 de mayo de 2012, Se utilizó un cultivar Victoria (aceitero) los tratamientos fueron sin y con biofertilizantes que contiene bacterias fijadoras de nitrógeno *Azospirillum* y hongos micorrízico (*Glomus sp*.) y de 0 y 100 kg N ha^{-1} a una densidad de 80 000 plantas ha^{-1}. El diseño fue bloques completos al azar y cuatro repeticiones. Como fuente de N se utilizó urea (46% de N). Se registró la temperatura máxima, mínima y precipitación. Las etapas fenológicas registradas fueron: emergencia (E), a inicio de antesis (R5) y a madurez fisiológica (MF) (Schneiter y Miller, 1981). Se registró la temperatura máxima, mínima y precipitación. A la cosecha se registró el rendimiento de grano (RG) , sus componentes, como área del capítulo (AC), peso de 100 semillas (P100S), biomasa total (BT), (suma del peso de receptáculo+ peso seco de tallo+ peso seco de hoja + peso de semilla) e Índice de cosecha (IC). Que se calculó mediante la siguiente expresión: IC= [(peso de semilla/biomasa total) x 100] (Escalante y Kohashi 1993).

Resultados y Discusión

Elementos del clima

En la Figura 1, que presenta los datos de temperatura máxima (Tmax), mínima (Tmin) promedio decenal y la precipitación suma decenal, durante el ciclo del cultivo, se observa que el promedio decenal durante la estación de crecimiento de Tmax fue 27ºC y la Tmin de 5ºC. La temperatura más alta ocurrió en la etapa vegetativa del cultivo y posteriormente, disminuyó conforme el ciclo de cultivo avanzó. La precipitación total fue de 386 mm.

Fenología

En ambos genotipos, las etapas fenológicas ocurrieron en tiempo similar. Así, la emergencia (E) de plántulas de girasol se presentó a los 8 días después de la siembra (DDS el periodo de emergencia a inicio de floración (R5) ocurrió a 55 días después de la emergencia (E). La madurez fisiológica se presentó a los 120 días (Figura 1).

En el Cuadro 1 se observan diferencias significativas para BT, IC, RG, P100S y AC por efecto de N y BIO. Mientras que para la interacción N*BIO solo hubo incrementos para BT, RG y el AC. En la Figura 2, se observan incrementos significativos en la BT debido al N y Biofertilizante. La materia seca fue 20 % mayor cuando se aplicó Biofertilizante.

En la Figura 3, se observa que el RG se incrementó en un 41 % con la aplicación de N y el Biofertilizante, respecto al testigo (sin N y sin Biofertilizante). Estudios han demostrado que condiciones adversas puede reducir la colonización de micorrizas inhibiendo la formación de esporas (Duke *et al*. 1986). En investigaciones con respecto a maíz el RG se incrementó en 12 % al incorporar el biofertilizante (García *et al.* 2007).

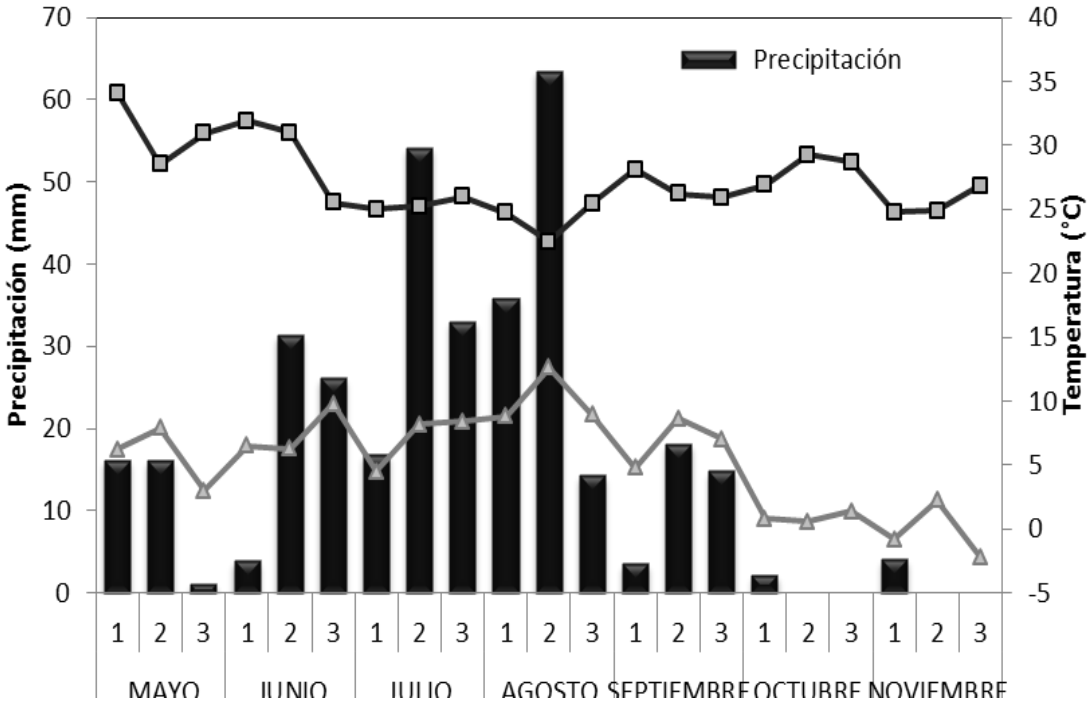


Figura 1. Temperatura máxima, mínima (media decenal) y precipitación (suma decenal) durante el ciclo de cultivo de girasol. Montecillo, México. Verano 2012. E = Emergencia, Vn = Etapa vegetativa, R5 = Floración y R9 = Madurez fisiológica.

En resumen, con la aplicación de N se observó que la BT se incrementó en 37 % y el RG en 30 % respecto al testigo. Arenas *et al*., (2013), al evaluar niveles de nitrógeno encontró que con 100 kg de N ha^{-1} incrementó la producción en RG hasta en un 34 %.

Efecto de Biofertilizante. Con el biofertilizante, la BT se incrementó en 29 % en la producción de BT y el RG en 23 %, respecto al testigo. González *et al*. (2011) encontraron incrementos del 5 % en el RG de los maíces mejorados VS-535 y los híbridos H-516 y con Tornado con la aplicación del Biofertilizante para la zona norte del Estado de Guerrero.

Con la combinación N100 y Biofertilizante se logró la BT y RG más alta. Los cambios e RG fueron asociadas cob cambios en el P100S y AC (Cuadro 1). García *et al*. (2007), reportaron que al utilizar Azospirillum y 140 kg N ha^{-1}, los híbridos de maíz Asgrow-Tigre, Dekalb-2003 y Garst-8222, incrementaron el RG bajo condiciones de riego en el ciclo otoño-invierno.

Conclusiones

La fertilización Nitrogenada y el biofertilizante incrementan la producción de materia seca y el rendimiento de grano de girasol. La combinación de N y BIO genera la mayor producción de materia seca y rendimiento de grano.

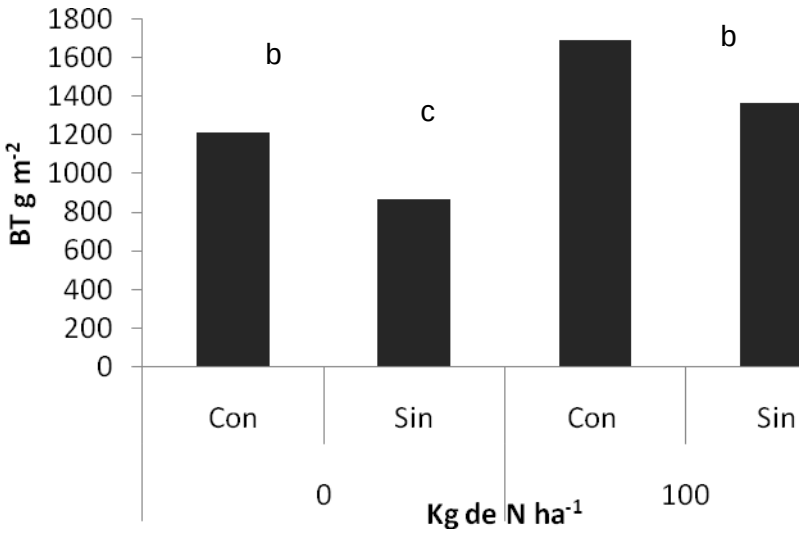


Figura 2. Biomasa total (BT) en girasol en función del Nitrógeno y Biofertilizante (Con, Sin Biofertilizante), Montecillo estado de México. Verano de 2012.

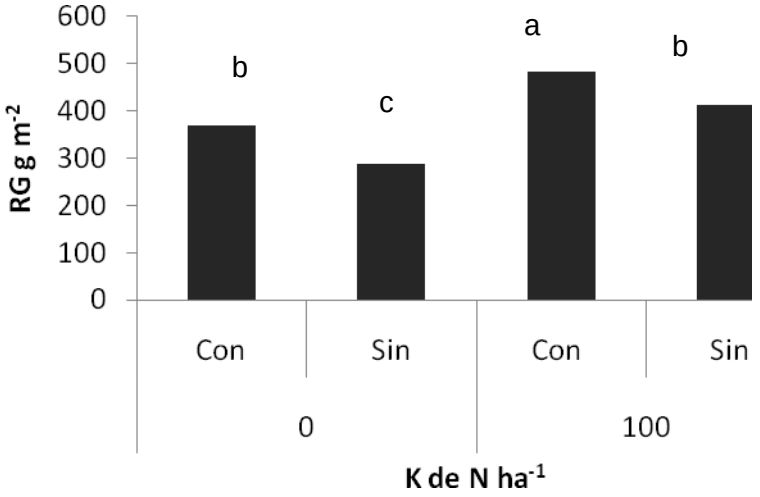


Figura 3. Rendimiento grano (RG) en girasol en función al Nitrógeno y biofertilizante (Con, Sin Biofertilizante). Montecillo estado de México. Verano de 2012.

Cuadro1. Biomasa total, índice de cosecha, rendimiento de grano, peso de 100 semillas y área de capítulo, en función al nitrógeno (N) y Biofertilizante (Con y Sin Biofertilizante) (BIO). Verano 2011.

N Kg ha^{-1}	BIO	BT g m^{-2}	IC %	RG g m^{-2}	P100S g	AC cm^2
0	Con	1215 b	28 a	369 b	7 b	320 b
	Sin	869 c	29 a	287 c	6 b	271 c
100	Con	1691 a	23 b	482 a	9 a	398 a
	Sin	1368 b	25 b	411 b	8 a	318 b
	BIO	**	*	**	**	**
	N	**	**	**	**	**
	BIO*N	*	NS	*	NS	*
	Tukey	95.5	1.24	24.3	0.56	13.39
	C.V.	6.81	4.3	5.7	6.8	3.7

*= P≤ 0.05, **= P≤ 0.01, NS= Diferencias no significativas a P≤ 0.05.
BT= Biomasa total; IC= Índice de cosecha; RG= Rendimiento de grano; P100S= Peso de 100 semillas; AC= Área de capítulo..

Bibliografía

Alarcón A., Ferrera C. R. 2000. Biofertilizantes: Importancia y utilización en la agricultura. Agr. Téc. Méx. 26: 191-203.

Al-Karaki G. McMichael B. Zak J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-269.

Arenas J. Y. R., Escalante E. J. A., Rodríguez G. T., Ortiz S. C. A. 2013. Rendimiento de girasol aceitero en función al nitrógeno y densidad de población en suelo salino. Memoria del XV Congreso Nacional y I Internacional de Ciencias Agronómicas. 24 al 26 de abril de 2013. Chapingo, Estado de México, México.

Augé R.M., Stodola A. J. W., Ebel R. C., Duan X. 1995. Leaf elongation and water relations of mycorrhizal sorghum in response to partial soil drying: two Glomus species at varying phosphorus fertilization. Journal of Experimental Botany 46: 297-307.

Augé R. M., Moore J. L., Sylvia D. M., Cho K. 2004. Mycorrhizal promotion of host stomatal conductance in relation to irradiance and temperature. Mycorrhiza 14: 85-92.

Duke, E. R., Johnson, C. R. and Koch, K. E. 1986. Accumulation of phosphorus and dry matter during NaCl stress of split-root citrus seedlings colonized with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on zero, one or two halves. New. Phytol. 104: 583-590.

Escalante J. A y Kohashi S. J. 1993. El rendimiento y crecimiento del frijol. Manual para la toma de datos. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.

García E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª. Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p.

García, O. J. G., V. R. M. Moreno, I. C. L. Rodríguez, A. H. Mendoza, N. P. Mayer. 2007. Efecto de cepas de Azospirullum basilense en el crecimiento y rendimiento de grano del maíz. Revista Fitotecnia Mexicana. 30(003):305-310.

García L. A. y Quincke J. A. 2012. Girasol: respuesta a la aplicación foliar de boro en suelos del litoral suroeste de Uruguay. Agrociencia Uruguay. (16) (1): 7-14.

Gerik T.J., K.L. Faver P.M. Thaxton and K.M. El-Zik. 1996. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water use and yield. Crop Sci. 36:914-921.

González, M. R.; Noriega, C. D.; Pereyda, H. J.; Domínguez, M. V. M.; López, E. M. E. y E. R. Garrido. 2011. Fertilización química con y sin biofertilizante en maíz de temporal en Guerrero. XVI Foro de estudios sobre Guerrero. Acapulco, Guerrero. 69-73 pp.

Kaya C., Higgs D., Kirnak H. & Tas I. 2003. Mycorrhizal colonisation improves fruit yield and water use efficiency in watermelon (Citrullus lanatus Thunb.) grown under well-watered and water-stressed conditions. Plant and soil. 253, 2, 287-292.

Loredo O. C., López R. L. Espinosa V. D. 2004. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: una revisión. Terra. 22:225-239.

Sánchez C. R., Díaz F. A., Pecina Q. V., Garza C I., L. Gallardo J. 2008. Glomus intraradices Y Azospirillum brasilense en trigo bajo dos regímenes de humedad en el suelo. Unicersidad y Ciencia 24(3):239-245.

Schneiter, A. and Miller, J.F., 1981. Description of sunflower growth stages. Crop Sci. 21: 901-903.

Sylvia D. M., Hammond L. C., Bennett J. M., Haas J. H., Linda S. B. 1993. Field response of maize to a VAM fungus and water Management Agronomy Journal 85(2): 193–198.

Tewolde H. and Fernández C. J. 2003. Fiber quality response of Pima cotton to nitrogen and phosphorous deficiency. J. Plant Nut. 26:223-235.

RESPUESTA DEL CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE NPK EN LA SOLUCION NUTRITIVA

Borges-Gómez, L.[1]*; Rojas-Serrano, J.[1]; González-Rodríguez F.[1]; Pereyda-Pérez, G.[1]; Ruíz-Sánchez, E.[1]; Pinzón-López, L[1].

[1]**División de Estudios de Posgrado. Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México.**

*Autor responsable: lizette_borges@hotmail.com; Km 16.3 antigua carretera Mérida-Motul, Conkal, Yucatán. México. CP 97345; Tel. +52(999)-912-4130

Resumen

Diferentes concentraciones de NPK fueron evaluadas en la solución nutritiva sobre las características de crecimiento y rendimiento de fruto del chile habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.). En un invernadero de 140 m^2 se distribuyó en un diseño de bloques al azar 30 contenedores tipo “boli” con sustrato inerte. En cada contenedor se trasplantaron 4 plantas para un total de 120. Las soluciones nutritivas evaluadas fueron 4 dosis de N (3.77, 5.44, 6.52, 7.07 mmol L^{-1}), $H_2PO_4^-$ (0.5, 1.08, 1.65, 2.23 mmol L^{-1}) y K^+ (8.97, 9.52, 10.3, 11 mmol L^{-1}). Las variables evaluadas fueron altura y diámetro del tallo cada 10 días; masa seca, volumen de raíz y rendimiento de fruto al finalizar el cultivo. Los resultados mostraron diferencias significativas en todas las variables excepto en diámetro del tallo en donde solo a partir de los 120 días de edad hubieron diferencias. Se observaron incrementos de altura y masa seca al incrementarse las concentraciones de NPK; solamente en el tratamiento de mayor concentración de estos nutrimentos estas variables ya no incrementaron. El mayor rendimiento (897.7 g $planta^{-1}$) se obtuvo con la solución de mayor concentración de NPK, siendo estadísticamente diferente a las soluciones de menor concentración. Se concluye que el incremento de NPK en la solución nutritiva incrementa el rendimiento de fruto pero no necesariamente incrementa las características de crecimiento de la planta.

Palabras clave: Nutrición; crecimiento; rendimiento de fruto

Introducción

La producción de chile a nivel mundial ocupa una superficie de 1´879,891.00 ha obteniéndose una producción de 28´483.822 t de fruto de diferentes especies de *Capsicum*. Existen 27 especies de las cuales cinco son domesticadas y cultivadas, siendo estas: *C. annum*, *C. baccatum*, *C. frutescens, C. pubescens* y *C. chinense*. En esta último se encuentra el chile habanero, cuya producción en el estado de Yucatán ocupa una superficie de 262.22 ha a campo abierto y de 41.14 ha en invernadero (SIAP, 2011), siendo este cultivo el de mayor importancia en el estado.

En la última década, la producción de cultivos en hidroponía ha sido una opción adicional para la producción intensiva de alimentos. Según Cadahía, (2005) la ventaja de la producción hidropónica es permitir desarrollar un cultivo sin que los factores limitantes de las características físicas y químicas del suelo afecten la producción, además de permitir una dosificación racional de fertilizantes, ahorro de agua, nutrición optimizada, control de la contaminación y una mayor eficacia y rentabilidad de los fertilizantes. Sin embargo, para maximizar la producción, se corre el riesgo de aplicar altas cantidades de fertilizantes y productos químicos que puede ocasionar el uso inadecuado del agua y contaminación con nutrimentos como nitratos y fosfatos a las aguas subterráneas (Klock-Moore y Broschat, 2001). De aquí, que la solución nutritiva sea la parte fundamental en la hidroponía ya que de esta depende la magnitud y calidad de la producción. Existen muchas fórmulas de solución nutritiva para la producción hidropónica de hortalizas; no obstante, debe considerarse que la composición más adecuada depende de las condiciones climáticas; en particular, de la temperatura,

la luz y de la calidad del agua que se utilice. Debe también tomarse en cuenta las necesidades nutrimentales de la planta así como la etapa fenológica y el sistema de cultivo (Sánchez-del Castillo y Gómez-Hernández, 2003). En chile habanero pocos estudios han sido reportados sobre soluciones nutritivas y su efecto en el cultivo.

El objetivo de este estudio fue evaluar efecto de cuatro soluciones nutritiva en el crecimiento y rendimiento de chile habanero cultivado en sustrato inerte bajo condiciones protegidas.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán a 16 km de la ciudad de Mérida en las coordenadas 21° 05´ 01.2” N y 89° 32´ 20.7” O, a una altitud promedio de 8 msnm. Se utilizó un invernadero de 140 m^2 con cubierta superior de polietileno transparente blanco al 50% con protección UV y cortinas laterales de malla antiáfidos. En él se distribuyeron en un diseño de bloques al azar 30 contenedores tipo boli con dimensiones de 11 cm de altura, 18 de ancho y 110 de largo. Cada contenedor contuvo 38 L de sustrato inerte comercial conocido como perlita y en cada uno se trasplantaron 4 plántulas de chile habanero para un total de 120 plantas.

Las plantas evaluadas fueron de la variedad criolla naranja las cuales fueron germinadas en charolas de poliestireno de 200 cavidades utilizando como sustrato peetmoss; las plántulas fueron trasplantadas cuando tenían entre 30 y 45 días después de haber germinado con una altura promedio de 15 cm incluyendo el cepellón; un diámetro promedio de 2.5 mm, 10 hojas en promedio, volumen de raíz promedio de 2 cm^3 y peso seco de 2.5 g $planta^{-1}$. Se evaluaron 4 dosis de NPK en la solución nutritiva (Cuadro 1). Cada tratamiento contó con tres repeticiones y cada repetición con 4 plantas para un total de 12 plantas evaluadas por tratamiento. Las plantas fueron tutoradas cuando median en promedio 25 cm de altura teniendo en promedio 30 días después de haber sido trasplantadas. El crecimiento de las plantas se mantuvo a dos guías.

Cuadro 1. Concentraciones de NPK evaluadas en la solución nutritiva en la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.).

Soluciones nutritivas	N Total	NO_3^-	NH_4^+	$H_2PO_4^-$	K^+
	mmol L^{-1}				
SN1	3.77	3.12	0.65	3.12	0.5
SN2	5.44	4.4	1.04	4.4	1.08
SN3	6.52	5.1	1.42	5.1	1.65
SN4	7.06	5.33	1.73	5.33	2.23

La nutrición de las plantas se realizó con 1 ó 2 riegos por día distribuidos en volumen según el estado fenológico de la planta. En la etapa de trasplante a floración se aplicó 1 L por día por planta; en la etapa de floración a amarre de fruto se aplicó una cantidad de 2.5 L por día por planta y en la etapa de amarre a cosecha se aplicaron 3.5 L por día por planta. Durante el ciclo del cultivo, la solución nutritiva se monitoreo diariamente manteniendo el pH entre 5.5 - 6.5 y una CE entre 2.0 - 2.5 dS m^{-1}. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de las plantas se midió la altura de la planta y el diámetro del tallo a partir del trasplante cada 30 días hasta los 180 días después del trasplante (ddt), teniendo un total de siete registros. Se evaluó la producción de frutos cuando alcanzaron su madurez fisiológica y para ello se consideraron 10 cortes en total, el primero a los 108 ddt y el último a los 177 ddt. Al final del ciclo se evaluó la biomasa (MS) y volumen de raíz (VR). Los resultados fueron analizados estadísticamente por anova y comparación de Tukey utilizando el programa estadístico Statgrophics Plus.

Resultados y Discusión

Las soluciones nutritivas (SN) tuvieron efectos diferentes en el cultivo. El crecimiento vegetal y la consecuente acumulación de materia seca estuvieron relacionados directamente con la absorción continua de nutrimentos minerales. Las diferentes SN mostraron respuesta significativa ($p \leq 0.05$) en seis de las siete evaluaciones realizadas de altura de la planta durante su crecimiento (Cuadro 2), únicamente en la primera evaluación realizada al momento del trasplante (0 ddt) no se observaron diferencias significativas, por lo que las plantas iniciaron estadísticamente con el mismo tamaño. El incremento en altura de la planta fue paulatino; la mayor altura durante todo el ciclo del cultivo se observó con SN3 siendo esta solución la que mostró ser diferente estadísticamente en relación a las demás soluciones. En cuanto al diámetro del tallo las diferencias observadas fueron solamente a partir de los 120 días de edad de la planta ($p \leq 0.05$) (Cuadro 3) y el mayor diámetro no fue estrictamente para una sola SN.

Cuadro 2. Altura de las plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivadas con diferentes soluciones nutritivas (SN)

	Días después del trasplantes						
SN	0	30	60	90	120	150	180
	Altura (cm)						
SN1	10.0 a	18.0 c	47.7 c	78.1 c	120 c	144 c	175 c
SN2	10.0 a	19.5 b	55.8 b	90.6 b	131 b	156 b	186 bc
SN3	10.0 a	21.2 a	60.8 a	99.4 a	146 a	175 a	205 a
SN4	10.6 a	20.1 ab	57.8 ab	95.6 ab	137 ab	162 b	194 b
CV	10.3	9.1	11.6	12.5	10.2	9.4	8.4

Valores con la misma literal, son estadísticamente iguales (Tukey, α= 0.05) para el análisis realizado en cada edad de la planta.

Cuadro 3. Diámetro del tallo las plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivadas con diferentes soluciones nutritivas (SN).

	Diámetro de tallo (mm)						
SN	0	30	60	90	120	150	180
	Días después del trasplantes						
SN1	2.6 a	4.1 a	9.1 a	14.1 a	16.6 b	18.2 b	19.8 b
SN2	2.4 a	4.6 a	8.9 a	13.4 a	14.9 a	16.3 a	17.7 a
SN3	2.3 a	4.7 a	9.4 a	14.1 a	16.5 ab	17.7 ab	19.0 ab
SN4	2.5 a	4.6 a	9.1 a	13.5 a	16.5 ab	18.0 b	19.4 ab
CV	16.8	10.2	10.3	13.3	13.5	13.7	14.9

Valores con la misma literal, son estadísticamente iguales (Tukey, α= 0.05) para el análisis realizado en cada edad de la planta.

La producción de biomasa aumentó conforme fue incrementándose la concentración de NPK en la solución nutritiva hasta un punto en que una mayor concentración de los nutrimentos no expresó una mayor producción (Figura 1). Al finalizar el ciclo del cultivo la mayor producción de masa seca se observó en SN3 y SN4 quienes fueron estadísticamente iguales, pero fue SN4 quien mostró el mayor volumen radical (Cuadro 4). De acuerdo a Azofeifa y Moreira (2005) la producción de materia seca o biomasa está ligada a la fenología de la planta, principalmente durante la floración y fructificación. En esta etapa, la planta invierte cantidades altas de fotoasimilados para la producción del fruto por lo tanto, se limita el crecimiento vegetativo en la etapa de fructificación, especialmente en el período en que los frutos presentan las mayores tasas de crecimiento.

La producción de fruto mostró respuesta significativa ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos (SN) observándose que al incrementar la concentración de NPK en la solución nutritiva se tuvieron incrementos en el rendimiento de fruto (Figura 2). El mayor rendimiento (897.7 g planta^{-1}) se observó

en SN4 cuyas concentraciones de NPK en la solución nutritiva fueron 7.06, 5.33, 2.23 mmol L^{-1} respectivamente. La producción de fruto fue mayor a los rendimientos reportados en cultivos desarrollados a campo abierto (Soria, 2002; Tucuch *et al*., 2012; Quintal *et al*., 2012) pero menores a los obtenidos en condiciones protegidas (Borges-Gómez *et al*., 2010). Es probable que las concentraciones de nutrimentos en las soluciones nutritivas no fueran suficientes para cubrir la demanda que arroje mayores rendimientos de fruto; de acuerdo a Foyer y Paul, (2001) el desarrollo y crecimiento de frutos requiere de asimilados provenientes de las hojas y estas a su vez requieren de nutrimentos para producir fotosintatos de salida hacia los órganos demandantes.

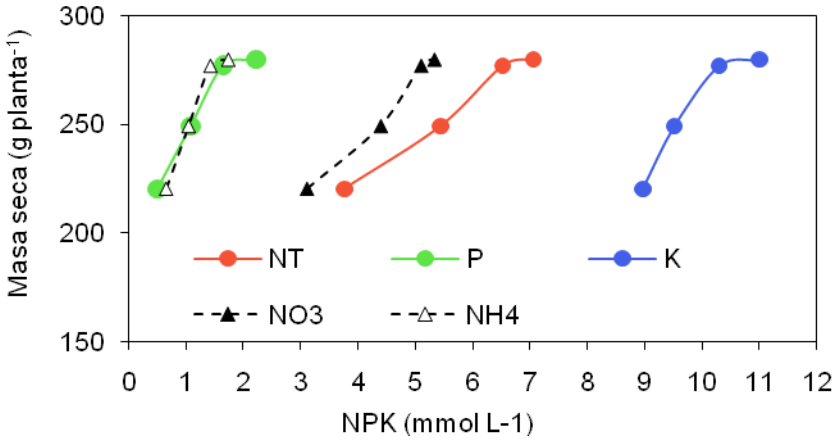


Figura 1. Producción de masa seca de plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) producidas con diferentes concentraciones de NPK en la solución nutritiva.

Cuadro 4. Producción de masa seca y volumen radical (± error estándar) de plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivadas con diferentes soluciones nutritivas (SN).

SN	Masa seca (g $planta^{-1}$)	Volumen radical (cm^3)
SN1	220c (±2.8)	103b (±2.11)
SN2	249b (±3.2)	90c (±0.92)
SN3	277a (±3.3)	115b (±5.56)
SN4	280a (±1.3)	146a (±1.21)
CV	10.36	19.5

Valores con la misma literal, son estadísticamente iguales (Tukey, α= 0.05) para el análisis realizado en cada edad de la planta.

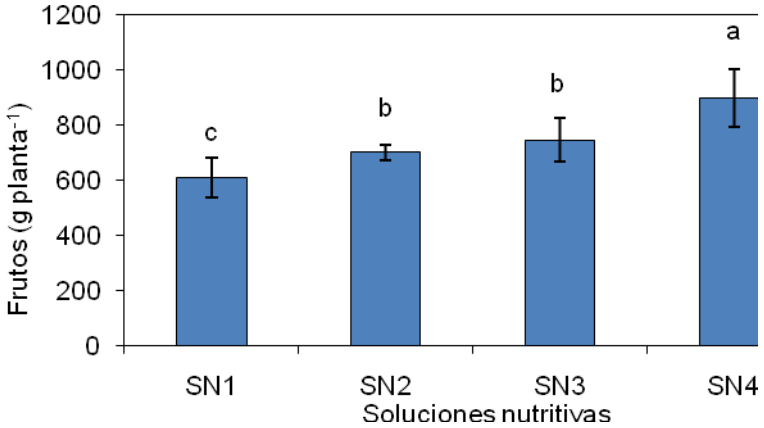


Figura 2. Producción de frutos de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivado con diferentes concenraciones de NPK en la solución nutritiva

El número de frutos fue estadísticamente diferente ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, no así el peso del fruto cuyos valores se observaron entre 6.95 y 7.44 g fruto^{-1} (CV= 10.6%) no mostrando diferencias significativas (Cuadro 5); no obstante, el peso de fruto registrado superó al peso (4.5 – 6.1 g fruto^{-1}) reportado por Tucuch *et al*., (2012) y al reportado por Quintal *et al*., (2012) (4.9 – 6.4 g fruto^{-1}).

Cuadro 5. Producción de fruto de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) (± error estándar) cultivado con diferentes soluciones nutritivas

Soluciones nutritivas	Número (fruto planta^{-1})	CV†	Peso (g fruto^{-1})	CV†
SN1	88.33b (±3.57)	14.0	6.95 (±0.13)	6.8
SN2	98.58b (±2.04)	7.2	7.13 (±0.15)	7.4
SN3	97.25b (±3.91)	13.9	7.72 (±0.17)	7.7
SN4	123.7a (±5.34)	14.9	7.44 (±0.33)	15.5
F¶	15.5*		2.55^{NS}	

†Coeficiente de variación, ¶Niveles de significancia menor a 0.05, *altamente significativo, ^{NS}no significativo.
Valores con la misma literal, son estadísticamente iguales (Tukey, α= 0.05) para el análisis realizado en cada edad de la planta.

Conclusiones

El incremento de NPK en la solución nutritiva incrementó el rendimiento de fruto pero no necesariamente incrementó las características de crecimiento de la planta.

Bibliografía

Azofeifa, A. y M.A. Moreira. 2005. Absorción y distribución de nutrimentos en plantas de chile dulce (Capsicum annuum cv. ucr 589) en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense 29(1):77-84.

Borges-Gómez L., L. Cervantes, J. Ruiz N., M. S, V. Reyes y E. Villanueva, 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. Terra Latinoamericana 28: 35-41

Cadahia, L.C.2005. Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Mundiprensa. 681 p.

Klock-Moore, K.A and T.K. Broschat. 2001. Effect of four growing substrates on growth of ornamental plants in two irrigation system. Hortechnology: 11(3): 456-460.

Foyer, C. and M. Paul. 2001. Source-Sink Relationships. pp. 11. *In*: Encyclopedia of life sciences. Nature publishing group, United Kingdom

Quintal, O.W., A. Pérez-Gutiérrez1, L. Latournerie, C. May-Lara, E. Ruiz y A. J. Martínez Chacón. 2012. Uso de agua, potencial hídrico y rendimiento de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Rev. Fitotec. Mex. Vol. 35 (2): 155-160.

Sánchez-del Castillo, F y T. Gómez-Hernández. 2003. Soluciones nutritivas diluidas para la producción de jitomate a un racimo. Terra 21: 57-63

SIAP. 2011. Servicio de información agroalimentaria y pesca. Secretaría de agricultura ganadería desarrollo rural pesca y alimentación. México. http://www.siap.gob.mx/ (consultado: febrero 2011).

Soria F., M., J. Tún, A. Trejo, y R. Terán. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). SEP. DGTA. ITA-2. Conkal, Yuc. México. 75 p.

Tucuch-Haas, C.J., G. Alcántar-González, V.M. Ordaz-Chaparro, J.A. Santizo-Rincón y A. Larqué-Saavedra. 2012 Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones NH4+/NO3- y tamaño de partícula de sustratos. Terra Latinoamericana 30(1): 9-15.

NUEVAS VARIEDADES DE ALGODONERO PARA ZONA NORTE DE CHIHUAHUA

Corral-Díaz, B.[1*]; Roque-Ruíz, J.H.[1]; Flores-Márgez, J.P.[1];Osuna-Ávila, P.[1]; Olivas-Enríquez, E.[1]

[1]Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ciencias Biomédicas – Departamento de Ciencias Químico-Biológicas. Ciudad Juárez, Chihuahua. México.

*Autor responsable: bcorral@uacj.mx Anillo Envolvente del Pronaf y Estocolmo s/n, Zona Pronaf , Ciudad Juárez, Chihuahua. México. CP 32310; Tel. +52(656)-688-1894

Resumen

Año con año el productor algodonero toma la decisión de cual variedad debe sembrar, en función de la disponibilidad de semilla, capacidad de rendimiento, calidad de fibra, precocidad, transgénica o convencional, según las condiciones de su terreno y la cantidad de agua disponible; él se apoya en la información generada por instituciones de investigación de la región. Durante el ciclo P-V2010 se validaron siete variedades a nivel comercial, en el Rancho Universitario de Praxedis G. Gro, Chih. Con el objetivo de seleccionar las de mejor potencial de rendimiento y calidad de fibra. Se tomaron cinco muestras de cada variedad y se realizaron análisis de varianza en 14 variables agronómicas, bajo un diseño experimental completamente al azar y la separación de medias con la prueba DMS. Solamente para total de frutos no hubo diferencias estadísticas. Las variedades DP920B2RF, DP194B2RF, DP167RF y FM9180B2RF resultaron las mejores para: número de capullos por planta con 6.52; 82.59% de precocidad; 12.33g de índice de semilla; 5251 kg ha^{-1} de algodón en hueso; 2049 kg ha^{-1} de fibra; 1.213 pulgadas de longitud; 32.08 g tex^{-1} de resistencia; 4.46 unidades de micronaire para finura y 85.58% de uniformidad de fibra. La DP935B2RF usada como testigo fue la menos productiva y con menor calidad de fibra. Se concluye que cualquiera de las cuatro variedades se recomiendan para sembrarse en el Valle de Juárez y los municipios del norte del estado de Chihuahua, por su excelente rendimiento y calidad de fibra.

Palabras clave: Variedades; rendimiento;calidad de fibra

Introducción

En la última década se ha mantenido un incremento en la superficie sembrada con algodonero a nivel nacional; durante 2012 se cultivaron 155,511ha, un 30% mas que en 2010; el estado de Chihuahua continua ocupando el primer lugar con 86 mil hectáreas, una producción de 4.13 pacas por hectárea y un valor de la producción de 3,392 millones de pesos, 57.4% del valor nacional. En la región de norte y noroeste del estado, que corresponde al Distrito de Combate Número1 (DCN1), incluye los municipios de Juárez, Guadalupe, Praxedis G. Gro, Ascensión, Janos, Buenaventura, Nuevo Casas Grandes, Casas Grandes, Galeana y Villa Ahumada se cultiva el 61% de la superficie estatal y se produce la mejor calidad de fibra (SIAP, 2012).

Para cualquier productor, una de las decisiones más importantes es seleccionar la variedad o el genotipo que deberá sembrar el siguiente ciclo agrícola, considerando la disponibilidad de semilla en el mercado, los insumos que se requieren para la producción, la calidad de la fibra y condiciones ambientales de la zona, principalmente. En el DCN1, las condiciones climáticas indican un período libre de heladas de 210 días, de abril a octubre, lo que permite que el algodón se siembre con cierta seguridad, aunque las noches de los primeros días de abril y la última quincena de octubre presentan temperaturas menores a 10°C, dificultando un buen establecimiento al inicio del cultivo y la apertura de bellotas al final del ciclo (Corral *et al.,* 1989). Como en cualquier otro cultivo cíclico se debe

seleccionar la variedad que cubra satisfactoriamente aspectos tan importantes como: alto potencial de rendimiento, ciclo lo mas corto posible, adaptación a diversos suelos y condiciones de manejo, tolerancia a factores adversas y fibras con características deseables para la industria textil. Sí únicamente se pretende calidad de fibra, existen variedades con excelente longitud, resistencia y micronaire como las ¨pimas¨, pero son muy tardías y algunas zonas no tienen el equipo para despepitarlas; mientras que las conocidas como upland presentan excelentes rendimientos y una buena calidad de fibra sin problemas de comercialización. En el Valle de Juárez se han estado evaluando variedades transgénicas y convencionales en ensayos de rendimiento, durante los últimos cinco años y se han logrado identificar algunos genotipos sobresalientes que se pueden recomendar para siembras comerciales, previa validación (Corral y Flores, 2011).

De los paquetes tecnológicos, el componente variedades es el mas cambiante, porque cada año se generan nuevas variedades por las diferentes compañías semilleras. Norton *et al*. (2007), Bourland et al. (2008) y la Universidad de Louisiana LSU(2011) entre otros, indican que la única forma de conocer el verdadero potencial de rendimiento de los genotipos es sembrándolos en ambientes contrastantes y por lo menos en tres años consecutivos. 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. 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^{-1} 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 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^{-1}); para micronaire no hubo diferencias, con promedios de 3.46 de im.

Clay *et al*. (2007) evaluaron 7 variedades en Mohave Valley, Az, la DP455BR, FM9588LL y FM966LL fueron las mejores con 725, 695 y 677lb/acre, los porcentajes de fibra para cada variedad fueron de 31.9, 34.0 y 30.9; finura de 4.8, 5.2 y 4.5im; longitud 1.14, 1.12 y 1.13 pulgadas y resistencia 32.2, 32.5 y 30.8 g tex^{-1}. En cambio en Somerton, Az. la FM958LL fue la mejor de las 9 evaluadas con 1024lb/acre. En Maricopa, Az. DP455BR con 1156 lb/acre supero a otras seis. Bourland *et al*. (2008) resumen los resultados en cuatro localidades por tres años en Arkansas; encontraron que DP 454 BG/RR ocupo el tercer lugar en rendimiento de fibra con 1355 lb/a. mientras que DP 147RF y DP 167RF ocuparon el lugar 15 y 19 de las 24 evaluadas. Thaxton *et al.* (2010) por tres años en el Delta, Mississippi, las mejores fueron DP434RR, DP 432RR y DP 445BG/RR con 1335, 1249 y 1248 libras/ acre de fibra, con peso de capullo 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^{-1} ; finura 4.65, 5.13 y 4.76 im; de cada genotipo respectivamente; mientras que en la zona de Hill, DP445BG/RR resulto 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, Chih, DP935B2RF, DP912B2RF, DP164B2RF y 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% fueron altamente resistentes y siete como fibras gruesas. Norton *et al*. (2010) con 35 genotipos reportan producciones desde 1430 hasta 2300 libras, con 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 g de peso de capullo; 28.9 a 32.7 g tex^{-1} de resistencia; 1.08 a 1.17 pulgadas de longitud; y 4.4 a 5.2 im. Corral y Flores (2011) señalan que DP1044B2RF, DP1050B2RF y DP920B2RF fueron las más productivas con 5034, 4436 y 4432 kg/ha de algodón en hueso y 1950, 1826 y 1825 kg/ha de fibra, respectivamente. La DP1048B2RF fue la menos productiva; no hubo diferencias estadísticas para longitud, resistencia, número de capullos, total de frutos entre ellas. El presente trabajo se realizó con el objetivo de validar las variedades mas rendidoras y excelente calidad de fibra detectadas a nivel experimental, para recomendarlas en siembras comerciales.

Materiales y Métodos

En el Rancho Universitario de la UACJ, en el Valle de Juárez, Chihuahua, ubicado a 1 094 msnm, 106º 00' 17.39'' LO y 31º 21'6.92" LN; durante 2010 se estableció un lote comercial con siete variedades de algodonero en un suelo de textura franca, pH de 7.8 y una conductividad eléctrica de 3.5 dS/m. El 28 de abril se sembraron los genotipos: DP912B2RF, PHY375WRF, DP935B2RF (variedad testigo), DP164B2RF, DP920B2RF, FM9180B2F y DP167RF en una superficie de 3 ha, en franjas de 4000m^2 cada una, una separación de surcos de 0.96m. Las prácticas de manejo fueron las del paquete tecnológico.

Se realizaron dos aplicaciones de insecticidas contra chinche lygus y conchuela. Antes de la cosecha se seleccionaron cinco sitios en cada variedad y se marcaron 5 plantas de manera aleatoria, para medir altura de planta (AP) y número de frutos por planta (NF) incluyendo capullos (NC) y bellotas cosechables (NB), el porcentaje de precocidad (PP) resulto de dividir el NC entre NF. Una muestra de 40 capullos fue colectada para hacer las determinaciones de peso de capullo (PC), índice de semilla (IS) o peso de 100 semillas; porcentaje de fibra (PF) se obtiene al dividir el peso de la fibra entre el peso total de los 40 capullos. La calidad de la fibra se midió con el equipo HVI en el laboratorio de fibras del Campo Experimental La Laguna (CELALA) en Matamoros, Coah., considerando longitud de fibra (LF); uniformidad de fibra (UN); resistencia al rompimiento (RE) y finura (FF) . El rendimiento de algodón en hueso (RAH) se estimó con el peso de los capullos cosechados en parcelas de 10m^2 y el rendimiento de fibra (RF) con el RAH por el PF.

El análisis estadístico de las 14 variables se realizó mediante la técnica de Análisis de Varianza, usando un diseño experimental completamente al azar; la separación de medias se efectuó con la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad. Para los análisis se utilizó el paquete estadístico SAS v 9.0.

Figura 1. Cosecha de capullos para estimación de rendimiento de algodón en hueso y fibra en una de las variedades evaluada en el Valle de Juárez, Chih. 2010.

Resultados y Discusión

Al separar los promedios se encontró que solamente en el número de frutos totales no presentó diferencias significativas entre las variedades, por lo que en términos estadísticos, todas fueron iguales, con un promedio general de 8.07 y una amplitud de 7.76 a 8.40, estos resultados coinciden con los de Corral y Flores (2011) para el Valle de Juárez. El resto de las características evaluadas presentaron diferencias entre los genotipos, como lo demuestran Husman *et al*. (2002), Mc William (2006), Corral y Flores (2009) y Norton *et al*. (2010) y Corral y Flores (2011), entre otros. Cumpliendo con el objetivo de poder seleccionar los mas aptos para recomendarse en la zona del DCN1, que es la mas importante del estado en la producción de algodón con el 61% de la superficie. En el Cuadro 1 se observan los promedios de los componentes de rendimiento , la DMS, el promedio general y el coeficiente de variación (C.V.). Se notará que para NB, NC y PP los C.V. superaron el 15% por la variabilidad dentro de cada materiaal y en los sitios muestreados.

En AP sobresale DP167RF con 126.7cm y la de menor altura fue DP164B2RF con 93.8cm, para esta característica todas son consideradas ideales para cosecha mecánica. El mayor número de capullos y porcentaje de precocidad se observó en DP920B2RF, DP167RF y FM9180B2F con 6.52, 6.44 y 6.16 capullos y 76.9%, 82.6% y 76.9% PP respectivamente, estas dos características están muy asociadas, con un valor de correlación altamente significativo (r=0.91**), lo que indica que entre mas alto sea el NC mayor será el PP. La variedad testigo, DP935B2RF, fue estadísticamente la mas baja para las dos variables anteriores con 4.28 capullos y 56.3% de PP. En esta zona algodonera se requiere de variedades que sean de ciclo intermedio a precoz para que alcancen su maduración antes de que sean afectadas por las heladas de octubre; ya que según Corral *et al.* (1989) la apertura de bellotas se disminuye por las bajas temperaturas. Se descarta la variedad testigo para continuar sembrándose en la zona por ser la mas tardía y con el mayor número de bellotas sin abrir de 3.8.

Uno de los componentes de rendimiento mas importantes es el peso de capullo; el promedio general fue de 6.13g considerado como un excelente peso, ya que en evaluaciones del Valle de Juárez el promedio fue de 4.5 hasta 5.2 g en reportes presentados por Corral *et al.* (1989) y Corral y Flores (2009), la variedad testigo fue la de mayor PC con 7.0g mientras que DP920B2 fue la de menor peso con 5.29g. El peso de 100 semillas o el IS mas alto se encontró en la FM180B2F con 12.33g, esta variedad Australiana se caracteriza por tener altos IS como lo informan Corral y Flores (2009) y Corral y Flores (2011). Finalmente, el porcentaje de fibra mas alto, en términos estadísticos fue para DP912B2RF con 40.1% y el menor en FM180B2F con 37.4%; se esperaba que el PF y el IS estuvieran asociados pero la correlación fue muy baja (r = -0.19ns). Los valores de PF encontrados en esta validación son superiores a los de Norton *et al.* (2007) y Norton *et al.* (2010), pero menores a los de Corral y Flores (2011) demostrándose que el ambiente donde crecen las plantas juega un papel muy importante en la expresión de las características agronómicas y la calidad de la fibra.

Cuadro 1. Promedios de los componentes de rendimiento de siete variedades de algodonero evaluadas durante 2010 en el Valle de Juárez, Chihuahua**.**

Variedad	AP	NC	NB	NF	IS	PP	PC	PF
DP912B2RF	100.6bc	6.08ab	2.00ab	8.08 a	9.93c	75.1ab	5.50de	40.1a
PHY375WRF	97.6bc	6.20ab	2.16ab	8.36 a	10.96b	74.5ab	5.95cd	38.5ab
DP935B2RF	114.4ab	4.28 b	3.48ª	7.76 a	10.97b	56.3b	7.00a	38.2ab
DP164B2RF	93.8 c	5.92ab	2.20ab	8.12 a	11.06b	72.2ab	6.41bc	39.1ab
DP920B2RF	104.6bc	6.52a	1.88ab	8.40 a	10.05c	76.9ab	5.29e	38.9ab
FM9180B2F	100.2bc	6.16ab	1.88ab	8.04 a	12.33a	76.9ab	6.45b	37.4b
DP167RF	126.7a	6.44a	1.32b	7.76 a	10.82b	82.6a	6.32bc	38.5ab
DMS	19.27	1.98	1.79	1.22	0.73	21.5	0.46	2.52
Promedio	105.4	5.94	2.13	8.07	10.87	73.5	6.13	38.69
Coef. Var.	14.11	25.75	64.85	11.88	5.20	22.58	5.81	5.03

Variables con la misma letra indican que son iguales estadísticamente (α = 0.05).

En la Figura 2 se presentan los rendimientos de algodón en hueso y de la fibra, se notará que la variedad DP920B2RF con 5251kg ha^{-1} de algodón en hueso fue la mejor, superando con un 45% al testigo que produjo 3626 kg ha^{-1}. Estas diferencias dan la pauta para eliminar a los materiales menos

productivos y darle al agricultor las mejores alternativas para sembrar solamente los mas sobresalientes, ya que en la validación de variedades se dan las condiciones reales para que demuestren su verdadero potencial. Para RF nuevamente DP920B2RF con 2049 kg ha^{-1} , superó al testigo en un 50%. Las 9.02 pacas/ha de la DP920B2RF representan mas del 100% de la producción media de la zona (4.2 pacas), En todos los estudios reportados se indican diferencias estadísticas para RAH o RF, lo que refleja la importancia de continuar con esta labor año tras año para conocer el potencial de rendimiento de los nuevos materiales de los programas de mejoramiento genético.

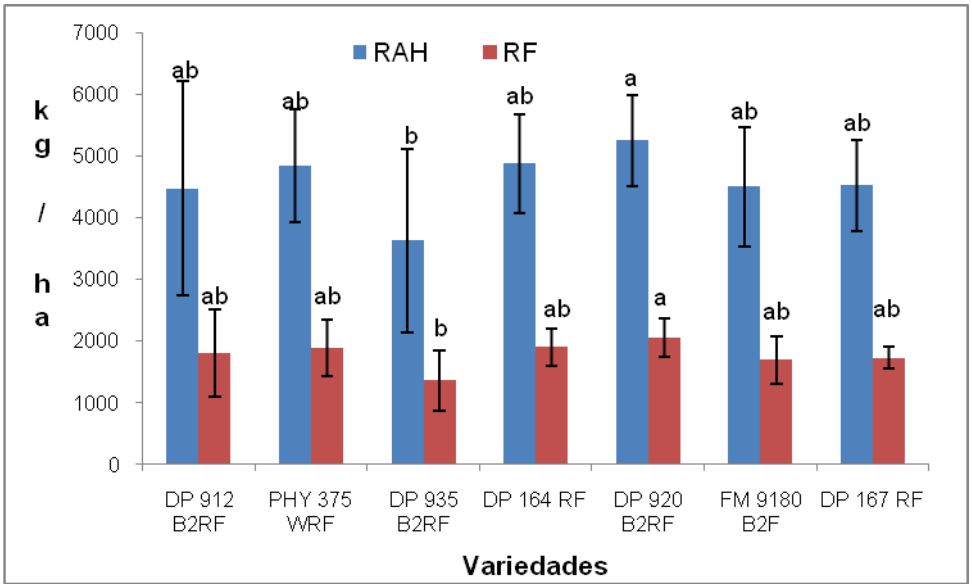


Figura 2. Rendimiento de algodón en hueso y fibra de siete variedades de algodonero evaluada en el Valle de Juárez, Chih. 2010

En el Cuadro 2 se asientan los promedios de calidad de fibra que incluyen longitud, resistencia, finura y uniformidad, estas características son las que considera el industrial textil para la elaboración de los hilos y telas; el algodón del norte de Chihuahua se caracteriza por presentar fibras largas, muy resistentes, con altos índices de uniformidad y fibras finas que alcanzan premios por estas característica. La mayor longitud se dio en FM180B2F, DP167RF, DP164B2RF y DP920B2RF, con 1.21 pulgadas (3.07cm) para las dos primeras y 1.18pulgadas (2.99cm) para las otras dos; de acuerdo con el manual de clasificación de algodón 566 (USDA 1999) se consideran fibras largas y se cotizan a un mejor precio en el mercado. Las tres variedades restantes alcanzaron la clasificación de longitud media con 1.06 a 1.09 pulgadas (2.69 a 2.77cm).

Cuadro 2. Promedios de los componentes de calidad de fibra de siete variedades de algodonero evaluadas durante 2010 en el Valle de Juárez, Chihuahua

Variedad	LF	RE	FF	UN
DP912B2RF	1.06b	17.46 b	4.9a	84.0a
PHY375WRF	1.10b	15.14 b	4.6ab	78.9b
DP935B2RF	1.09b	18.32 b	4.6ab	83.1a
DP164B2RF	1.18a	30.40 a	4.6ab	84.8a
DP920B2RF	1.18a	31.52 a	4.7ab	84.9a
FM9180B2F	1.21a	31.72 a	4.5b	85.6a
DP167RF	1.21a	32.08 a	4.7ab	84.8a
DMS	0.068	4.09	0.44	4.06
Promedio	1.15	25.23	4.67	83.7
Coef. Var.	4.62	12.49	7.35	3.74

Variables con la misma letra indican que son iguales estadísticamente (α = 0.05).

La resistencia de las cuatro variedades, sobresalientes en la LF, se clasifica como muy alta según el manual 566, porque superaron los 29 g tex^{-1} que marcan como límite inferior en esta clasificación, en cambio las otras tres se consideran de muy baja resistencia, con 18.3, 17.5 y 15.1g tex^{-1} para DP935B2RF, PHY375WRF y DP164B2RF, respectivamente. En la uniformidad de la fibra solo la PHY375WRF no alcanzo la clasificación de muy alta uniformidad, con 78.9% se considera baja, las otras seis están dentro del rango de 83 y 85 %. La finura de todas las variedades esta dentro de la escala de finura media entre 4.0 y 4.9 im; a diferencia de otras evaluaciones en las que se superaron los 5.0 de índices de micronaire, Norton *et al*. (2010) y Corral y Flores (2009) donde la mayoría de los genotipos se clasificaron como fibras gruesas con menor precio de venta.

Conclusiones

Las variedades DP920B2RF, DP194B2RF, DP167RF y FM9180B2RF resultaron las mejores para rendimiento de algodón en hueso y fibra con valores de 5251 a 4501 kg ha^{-1} RAH y 2049 a 1690 kg ha^{-1} de fibra, superando al testigo DP935B2RF desde 24 hasta 50%. Estas cuatro variedades son las que se pueden recomendar ampliamente para siembras comerciales, ya que fueron las de mayor calidad de fibra con la clasificación de fibras largas, muy alta uniformidad, muy alta resistencia y con finura intermedia con valores hasta de 1.21pulgadas (3.07cm), 85.6% de uniformidad, 32.08 g tex-1 de resistencia y 4.46im de finura. En términos estadísticos estas variedades fueron superiores en número de capullos, porcentaje de precocidad, índice de semilla y altura de planta con valores hasta 6.52 capullos; 82.59% de precocidad; 12.33g de IS y 126cm de altura. La DP935B2RF usada como testigo fue la menos productiva y con menor calidad de fibra. Por lo tanto el agricultor tiene la opción de sembrar cualquiera de las cuatro variedades en la zona del Distrito de Combate Número 1.

Bibliografía

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. Coperative Extension Agricultural Experiment Station. Univ. Arizona. AZ1437. 49-62.

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.

Corral D. B. y Flores M. J.P. 2011. Evaluación agronómica de variedades de algodón en el Valle de Juárez, Chih, durante el ciclo agrícola P-V2010.Informe Final del proyecto 402. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Cd. Juárez, Chih. 48p

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. Agrc. 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. Coperative Extension Agricultural Experiment Station. Univ. Arizona. AZ1437. 5-22

Norton E.R., T.B. Hatch, C.V. Innes and K.F. Ellsworth 2010. 2009 Arzona upland cotton Advanced strain testing program. Univ. Arizona. AZ 14 p.

SIAP. 2012. Servicio de Información Agropecuaria y Pesquera [en línea] http//www.siap.gob.mx/avance de siembras y cosechas por estado julio 2013.mht.

Thaxton P.S., T.P. Wallace, N.W. Buehring, M. Shankle, W.E. Clark and S.S. Deng. 2010. 2009 Mississippi cotton variety trials. Inf. Bull 456.March 2010. MAFES Mississippi Agricultural & Forestry Experiment Station .Missssppi State University. 47 p.

USDA 1999. La clasifición de algodon..Departamento de Agricultura de EU, Servicio de Comercialización agrícola. Programa de algodón, manual 566. 45p.

CRECIMIENTO DEL FRUTO EN CULTIVARES DE CÍTRICOS CON LIMITACIONES HÍDRICAS EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, B.C.S.

Loya Ramírez, J. G.[1]; Ruiz Espinoza, F. H.[1]; Navejas Jiménez, J.[2]; Beltrán Morales, F. A[1]; Zamora Salgado S.[1]; Alcalá Jauregui C. A.[3]; Cuevas Angulo, C. I.[1]

[1]Universidad Autónoma de Baja California. La Paz, Baja California Sur. México.
[2]NIFAP. KM 208, Cd. Constitución, Baja California Sur. México.
[3]Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, San Luis Potosí. México.

*José G. Loya Ramírez: jloya@uabcs.mx; Calle Miraflores Núm. 214, Col. Bellavista, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23050; Tel. +52(612)-127-3332

Resumen

El comportamiento de las especies vegetales está determinado por las características internas de la especie y por las condiciones predominantes en su entorno ecológico. La floración, brotación y "cuajado" del fruto, son los cambios más fácilmente apreciables en la fenología de las plantas. Los tres fenómenos constituyen las etapas más sensibles a condiciones ambientales críticas como la sequía, exceso de humedad y temperaturas extremas. El estudio fenológico de este trabajo, concentrado en el crecimiento del fruto, fue llevado a cabo en una huerta del Valle de Santo Domingo. Cinco cultivares de cítricos fueron estudiadas: naranjo, *Citrus sinensis* L., Var.Cutter (patrón *Citrus volkameriano Pasq.*), naranjo, Citrus sinensis L., Var. Cutter (patrón *Citrus aurantium*, L.), mandarina, *Citrus reticulata* L., Var. W. Murcott (patrón *Citrus volkameriano Pasq.*), toronja, *Citrus paradisi L.,* Var. Star Ruby (patrón *Citrus aurantium L*.) y limón *Citrus latifolia*., Var. Bearss (patrón *Citrus aurantium L*.). Estos mostraron comportamientos diferentes en cuanto a la Tasa de Crecimiento Diario (TCD). Los cultivares Naranjo-volkameriano y Naranjo-agrio mostraron un efecto directo de la temperatura sobre la TCD del fruto. El Limón-agrio no redujo su TCD durante el periodo de sequía, pero sufrió un decremento severo por el efecto de las lluvias intensas de mediados de octubre. La Toronja-agrio mostró un efecto inverso a la temperatura. La Mandarina-volkameriano fue el que mostró una disminución más drástica, en el TCD, como efecto de la falta de riego como de las lluvias intensas.

Palabras clave: Tasa de crecimiento; efecto de temperatura; estrés por sequía

Introducción

México está considerado entre los principales países productores de cítricos en las regiones tropicales y ocupa el quinto lugar en importancia por la producción de cítricos en el mundo (FAO, 2004). El comportamiento de las especies vegetales está determinado por las características internas de la especie y por las condiciones predominantes en el ambiente en que se desarrollan. La floración, brotación y "cuajado" del fruto, son los cambios más fácilmente apreciables en el ciclo de las plantas. En particular, la floración y el "cuajado" del fruto son las etapas más críticas y sensibles a condiciones ambientales como la sequía, exceso de humedad y temperaturas extremas. Este comportamiento es estudiado por la fenología (Aubert y Lossois, 1972).

Fenología, derivada de la palabra griega *phaino* que significa mostrar o aparecer, es el estudio de eventos biológicos periódicos en el mundo animal y vegetal los cuales son influenciados por el ambiente, especialmente cambios de temperatura, humedad y fotoperiodo(schwartz, 2003).

Existen otras definiciones de fenología, como la del Diccionario Forestal que la define como "la disciplina que trata del tiempo de aparición de fenómenos periódicos característicos en el ciclo vital de los organismos y su relación con los factores ambientales" (S.E.C.F., 2005). El conocimiento de la

fenología en los cítricos constituye una herramienta indispensable para la toma de decisiones en su manejo. Además, permite comparar y estudiar el comportamiento de uno o varios cultivares en su medio de producción, así como evaluarlos en diferentes áreas agroecológicas (León et al.,2009).

Medina et al. (2007) encontraron que los periodos más importantes de brotación vegetativa del naranjo ocurren de febrero a marzo con más de un 40 %, en junio-julio con 30 % de la brotación total y entre agosto y diciembre ocurre la brotación restante. La floración, en la mayoría de los cultivares, ocurrió principalmente desde febrero hasta mediados de marzo.

Según Duron et al. (2006), en el naranjo, la brotación reproductiva "de primavera" ocurre en febrero y marzo, mientras que la brotación de "verano" ocurre durante junio. En cambio, la brotación de "otoño" se presenta en octubre. La floración inicia en febrero y la "plena floración" ocurre en marzo. La caída de pétalos y "amarre" de frutos ocurre en abril. La división celular de los frutos inicia en abril y termina en junio. A partir de este mes, continua la elongación celular de los frutos. De tal manera que el periodo de crecimiento del fruto de variedades tempranas inicia en abril y termina en octubre. La presente investigación tuvo por objeto, medir el crecimiento del fruto en cinco cultivares de cítricos en Baja California Sur.

Materiales y Métodos

Este trabajo fue llevado a cabo en una huerta, para evaluación de material genético de cítricos, establecida en el Campo Agrícola Experimental en el Valle de Santo Domingo (INIFAP-SAGARPA). Los árboles tienen alrededor de 8 años de edad, cuentan con instalación de riego por goteo y reciben las prácticas de cultivo aplicables a la zona citrícola del Valle de Santo Domingo. Los cinco cultivares estudiadas fueron: naranjo, *Citrus sinensis* L., Var.Cutter (patrón *Citrus volkameriano Pasq.*), naranjo, *Citrus sinensis* L., Var. Cutter (patrón *Citrus aurantium*, L.), mandarina, *Citrus reticulata* L., Var. W. Murcott (patrón *Citrus volkameriano Pasq.*), toronja, *Citrus paradisi L.,* Var. Star Ruby (patrón *Citrus aurantium L*.) y limón *Citrus latifolia*., Var. Bearss (patrón *Citrus aurantium L*.).

Tres racimos por árbol fueron seleccionados para ser revisados aproximadamente cada 15 días Cuando los frutos de los racimos seleccionados, fueron desprendidos del árbol por estrés, plagas, heladas u otras razones, fueron reemplazados por un número igual de frutos de tamaño similar.

El estudio fenológico se concentró al crecimiento del fruto. Para este propósito, el diámetro del fruto fue medido del 19 de julio al 18 de diciembre del 2012.

Los datos de crecimiento del fruto fueron transformados a un valor llamado Tasa de Crecimiento Diario (TCD), el cual fue obtenido dividiendo el incremento de tamaño del diámetro del fruto entre el número de días que abarcó el intervalo de medición del diámetro (IT).

Resultados y Discusión

Naranjo volkameriano

El Cuadro 1 indica que la tasa de crecimiento diario (TCD) del diámetro del fruto, en el periodo que abarca principalmente Julio, fue de 0.26 mm/día. En contraste, la TCD en el mes de agosto disminuyó a 0.01 mm/día. Esta reducción fue causada por un periodo de falta de riego, debido a fallas en el equipo de bombeo.

La TCD para el periodo del 23 de agosto al 10 de septiembre incrementó a 0.12 mm/día pero, en el lapso que cubre principalmente al mes de septiembre, disminuyó de nuevo a 0.10 mm/día y para el mes de noviembre decreció más aun (0.06 mm/día). Esta disminución, probablemente, fue provocada por un periodo de lluvias intensas que se presentó a mediados de octubre. Finalmente, la TCD para el mes de diciembre aumentó ligeramente (0.09 mm/día).

Al comparar la TCD de julio (0.26 mm/día), que es uno de los meses con temperaturas más altas, contra la de diciembre (0.09 mm/día), que es el mes con temperaturas menores, se observa una tendencia a la baja a medida que la temperatura decrece. Este fenómeno implica un efecto directo de la temperatura sobre la TCD del fruto.

Cuadro 1. Crecimiento del diámetro del fruto de naranjo, *Citrus sinensis* L., Var.Cutter (patrón *Citrus volkameriano* Pasq.) en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Periodo	Intervalo de tiempo (IT)	Media del diámetro (cm)	DEs	TCD (mm)
19 Jul- 3 Ago 2012	15	5.08	0.75	0.26
3- 23 Ago 2012	20	5.29	0.67	0.01
23 Ago- 10 Sep 2012	18	5.41	0.63	0.12
10 Sep- 5 Nov 2012	56	5.82	0.69	0.10
05- 30 Nov 2012	25	6.16	0.64	0.06
30 Nov- 18 Dic 2012	18	6.30	0.60	0.09

Intervalo de tiempo (IT)= días entre cada medición del fruto; TCD= Tasa de Crecimiento Diario= Media del diámetro/ IT, en días; DEs= Desviación Estándar.

Naranjo agrio

El Cuadro 2 indica que la Tasa de Crecimiento Diario (TCD) del diámetro del fruto, en el periodo que abarca principalmente Julio, fue de 0.26 mm/día. En contraste, la TCD en el mes de agosto disminuyó a 0.01 mm/día. Esta reducción fue causada por un periodo de falta de riego, debido a fallas en el equipo de bombeo.

La TCD para el periodo del 23 de agosto al 10 de septiembre aumentó a 0.16 mm/día. En cambio, la TCD en el lapso que cubre principalmente al mes de septiembre volvió a reducirse a 0.08 mm/día y para el mes de noviembre llegó a su valor más bajo (0.03 mm/día). Esto, probablemente, debido a un periodo de lluvia que se presentó a mediados de octubre. Finalmente, para el mes de diciembre se aprecia una recuperación de la TCD con una media de 0.16 mm/día.

Al comparar la TCD del fruto de julio (0.26 mm/día), que es uno de los meses con temperaturas más altas, contra la de diciembre (0.16 mm/día), que es el mes con temperaturas menores, se observa una tendencia a la baja a medida que la temperatura decrece. Este fenómeno implica un efecto directo de la temperatura sobre la TCD del fruto.

Estos resultados difieren de los expuestos por Duron et al. (2006), quienes señalan que en Sonora el periodo de crecimiento del fruto de la naranja termina en octubre, mientras que en el Valle de Santo Domingo el fruto continuó creciendo hasta diciembre.

Cuadro 2. Crecimiento del diámetro del fruto de naranjo, *Citrus sinensis* L., Var. Cutter (patrón *Citrus aurantium*, L.) en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Periodo	Intervalo de tiempo (IT)	Media del diámetro (cm)	DEs	TCD (mm)
19 Jul- 3 Ago 2012	15	4.88	0.65	0.26
3- 23 Ago 2012	20	5.07	0.62	0.01
23 Ago- 10 Sep 2012	18	5.21	0.62	0.16
10 Sep- 5 Nov 2012	56	5.59	0.66	0.08
05- 30 Nov 2012	25	5.82	0.63	0.03
30 Nov- 18 Dic 2012	18	5.98	0.62	0.16

Intervalo de tiempo (IT)= días entre cada medición del fruto; TCD= Tasa de Crecimiento Diario= Media del diámetro/ IT, en días; DEs= Desviación Estándar.

Mandarina volkameriana

El Cuadro 3 indica que la tasa de crecimiento diario del diámetro (TCD) del fruto, en el periodo que abarca principalmente Julio, fue de 0.18 mm. En contraste, la TCD en el mes de agosto disminuyó a solo 0.06 mm/día. Esta reducción fue causada por un periodo de falta de riego, debido a fallas en el equipo de bombeo.

La TCD para el periodo del 23 de agosto al 10 de septiembre aumentó a 0.20 mm/día y en el lapso que cubre principalmente al mes de septiembre, registró otro incremento ligero (0.26 mm/día). Para el mes de noviembre decreció hasta su valor más bajo (0.01 mm/día). Probablemente, esto se debió a un periodo de lluvias intensas ocurrido a mediados de octubre. Finalmente, la TCD para el mes de diciembre aumentó hasta 0.09 mm/día. En este cultivar se observó que tanto el periodo de sequía como el de lluvias intensas causaron una disminución en la TCD más drástica que en los dos cultivares analizados anteriormente.

Cuadro 3. Crecimiento del diámetro del fruto de mandarina, *Citrus reticulata* L., Var. W. Murcott (patrón *Citrus volkameriano* Pasq.) en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Periodo	Intervalo de tiempo (IT)	Media del diámetro (cm)	DEs	TCD (mm)
19 Jul- 3 Ago 2012	15	4	0.55	0.18
3- 23 Ago 2012	20	4.20	0.64	0.06
23 Ago- 10 Sep 2012	18	4.40	0.69	0.20
10 Sep- 5 Nov 2012	56	5.36	0.9	0.26
05- 30 Nov 2012	25	6.11	0.55	0.01
30 Nov- 18 Dic 2012	18	6.23	0.54	0.09

Intervalo de tiempo (IT)= días entre cada medición del fruto; TCD= Tasa de Crecimiento Diario= Media del diámetro/ IT, en días; DEs= Desviación Estándar.

Toronja agrio

El Cuadro 4 indica que la tasa de crecimiento diario (TCD) del diámetro del fruto, en el periodo que abarca principalmente julio fue de 0.44 mm/día. En contraste, la TCD en el mes de agosto disminuyó a solo 0.08 mm/día. Esta reducción fue causada por un periodo de falta de riego, debido a fallas en el quipo de bombeo.

La TCD para el periodo del 23 de agosto al 10 de septiembre aumentó hasta 0.53 mm/día y en el lapso que cubre principalmente al mes de septiembre, declinó a 0.11 mm/día. Para el mes de noviembre decreció hasta su valor más bajo (0.07 mm/día). Probablemente, esto se debió al efecto de un periodo de lluvias intensas que ocurrió a mediados del mes de octubre. Finalmente, la TCD para el mes de diciembre incrementó a 0.68 mm/día.

Al comparar la TCD del fruto de julio (0.44 mm/día), que es uno de los meses con temperaturas más altas, contra la de diciembre (0.68 mm/día), que es el mes con temperaturas menores, se observa una tendencia a la alta a medida que la temperatura disminuye. Este fenómeno implica un efecto inverso de la temperatura sobre la TCD del fruto. A diferencia de los cultivares anteriores, este pudo recuperarse del impacto de la falta de riego, incrementando su TCD de 0.08 hasta 0.53 mm/día. Así mismo logró reponerse del efecto de las lluvias intensas, incrementando su TCD de 0.07 hasta 0.68 mm/día.

Cuadro 4. Crecimiento del diámetro del fruto de toronja, *Citrus paradisi L.,* Var. Star Ruby (patrón *Citrus aurantium* L.) en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Periodo	Intervalo de tiempo (IT)	Media del diámetro (cm)	DEs	TCD (mm)
19 Jul- 3 Ago 2012	15	6.37	1.19	0.44
3- 23 Ago 2012	20	7.46	1.14	0.08
23 Ago- 10 Sep 2012	18	7.74	1.11	0.53
10 Sep- 5 Nov 2012	56	7.58	1.09	0.11
05- 30 Nov 2012	25	7.94	0.97	0.07
30 Nov- 18 Dic 2012	18	8.63	0.93	0.68

Intervalo de tiempo (IT)= días entre cada medición del fruto; TCD= Tasa de Crecimiento Diario= Media del diámetro/ IT, en días; DEs= Desviación Estándar.

Limón agrio

El Cuadro 5 indica que la tasa de crecimiento diario (TCD) del diámetro del fruto, en el periodo que abarca principalmente julio, fue de 0.12 mm/día, en cambio disminuyó ligeramente en el mes de agosto a 0.11 mm/día. A pesar de la falta de riego, antes de la segunda lectura, la reducción en la TCD fue mínima (0.01 mm/día). Esta reducción en la TCD causada por la falta de riego fue la menos baja de los cinco cultivares estudiados. La TCD para el periodo del 23 de agosto al 10 de septiembre aumentó a 0.17 mm/día y en el lapso que cubre principalmente al mes de septiembre declinó hasta 0.07 mm/día. Para el mes de noviembre decreció hasta su valor más bajo (0.03 mm/día). Finalmente, la TCD para el mes de diciembre incrementó a 0.10 mm/día. Al comparar la TCD del fruto de julio (0.12 mm/día), que es uno de los meses con temperaturas más altas, contra la de diciembre (0.10 mm/día), que es el mes con temperaturas menores, se observa una ligera tendencia a la baja.

Cuadro 5. Crecimiento del diámetro del fruto de limón *Citrus latifolia*., Var. Bearss (patrón *Citrus aurantium* L.) en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.

Periodo	Intervalo de tiempo (IT)	Media del diámetro (cm)	DEs	TCD (mm)
19 Jul- 3 Ago 2012	15	4.68	0.40	0.12
3- 23 Ago 2012	20	4.67	0.40	0.11
23 Ago- 10 Sep 2012	18	4.72	0.47	0.17
10 Sep- 5 Nov 2012	56	5.07	0.50	0.07
05- 30 Nov 2012	25	5.28	0.40	0.03
30 Nov- 18 Dic 2012	18	5.20	0.44	0.10

Intervalo de tiempo (IT)= días entre cada medición del fruto; TCD= Tasa de Crecimiento Diario= Media del diámetro/ IT, en días; DEs= Desviación Estándar.

Conclusiones

Las cinco cultivares de cítricos mostraron comportamientos diferentes, a las condiciones ambientales de la zona del Valle de Santo Domingo.

Las cultivares de Naranjo-volkameriano y Naranjo-agrio presentaron un efecto directo de la temperatura sobre la TCD del fruto, es decir, a medida que la temperatura bajó, la TCD del fruto decreció. El cultivar Mandarina-volkameriano fue el que registró los descensos más drásticos en la TCD como resultado del efecto de estrés por la falta de riego como de las intensas lluvias.

El cultivar Toronja-agrio presentó un efecto inverso de la temperatura sobre la TCD del fruto, es decir, a medida que la temperatura bajo, la TCD aumentó. Además, pudo recuperar su TCD afectada tanto, por la falta de riego en agosto como por las lluvias intensas de mediados de octubre.

El cultivar Limón-agrio no redujo su TCD de manera importante durante el periodo de sequía, pero sufrió un decremento severo por el efecto de las lluvias intensas de mediados de octubre.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Fundación Produce Baja California Sur, A.C. el financiamiento para la ejecución de este proyecto.

Bibliografía

Aubert, B. y P. Lossois. 1972. Considerations sur la phenologie des especes frutieres arbustives. Fruits 27 (4): 269-286.

Duron, L.J., B. Valdez, J.H. Núñez, R.L. Durazo y G. Martínez. 2006. Calendario de labores en huertas de naranja de la costa de Hermosillo. Folleto Técnico 29. 80 p.

FAO. 2004. Citrus Fresh and Processing. Annual Statistics FAO. ViialledelleTerme di Caracalla, 0100, Roma.39 P.

León, M., M. Pérez, E. Soto, L. Avilán y A. Gutiérrez. 2009. Fenología de la naranja Valencia sobre tres patrones en Yumare, estado Yaracuy state, Venezuela. Rev. Científica UDO Agrícola. 9 (2):347-355.

Medina, V.M., G. Zapiaín, M.M. Robles, O. Pérez, M. Orozco, T. Williams y S. Becerra. 2007. Fenología, eficiencia productiva y calidad de fruta de cultivares de naranjo en el trópico seco de México. Rev. Fitotec. Mex. 30 (2):133-143.

Schawrtz, M.D., .2003. Phenology: An Integrative Enviromental Science. In: Ed. Schwartz M. Introduction. Pag 1-1. Kluwer Academic publishers. Norwel, MA 02061, USA.

Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2005. Diccionario forestal Publicado por Mundi-Prensa Libros, ISBN 84-8476-189-4. 1314 pp.

PRODUCCIÓN DE CHILE HABANERO CON RIZOBACTERIAS QUE SOLUBILIZAN FÓSFORO Y DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN FOSFATADA

Noh-Medina, J. A.[1*]; Yam-Chimal C.[2]; Ek-López J. J.[1]

[1]**Instituto Tecnológico de Tizimín. Tizimín, Yuc. México.**
[2]**Instituto Tecnológico de Conkal. Conkal, Yuc. México.**

*Autor responsable: jnohmedina@yahoo.com.mx; Calle Final Aeropuerto Cupul Núm. S/N, Col. Santa Rita, Tizimín, Yuc. México. CP 97700; Tel. +52(986)-863-4279

Resumen

Se estudió la respuesta de crecimiento y producción de un cultivo de chile habanero a la inoculación con las cepas de rizobacterias solubilizadoras de fósforo KCH4 y TSBPOLCH5, y a la aplicación de cuatro diferentes dosis de fertilización fosfatada, consistentes en 135, 101, 67.5 y 34 kg ha^{-1} de P_2O_5. Al final del trabajo experimental, se observó que el uso de ambas cepas de microorganismos, inoculadas al cultivo tanto en forma individual como mezcladas, permitió reducir las dosis de fertilización fosfatada sin que se redujera el crecimiento ni el rendimiento del cultivo, ya que la producción de las parcelas experimentales tratadas con ambas cepas y menores dosis de fósforo, fueron estadísticamente similares al testigo sin rizobacterias fertilizado con la mayor dosis de P_2O_5 (100 % de fósforo). La inoculación de los cultivos agrícolas con altas densidades de rizobacterias que solubilizan fósforo, podrían mejorar el aprovechamiento del fósforo nativo del suelo y permitir la reducción de las aplicaciones de fertilizantes fosfatados a los cultivos.

Palabras clave: Rizobacterias solubilizadoras de fósforo; chile habanero; biofertilizantes

Introducción

Los suelos calcáreos se caracterizan por la presencia de carbonato de calcio ($CaCO_3$) en el material parental y en la acumulación de caliza. El pH de estos suelos es mayor que 7 y puede alcanzar valores de 8.5; la disponibilidad de fósforo en estos suelos es limitada, lo que provoca deficiencias de este nutriente en las plantas cultivadas. Tanto el fósforo del suelo como el que se agrega en forma de fertilizante reaccionan con el calcio y el magnesio de los suelos produciendo fosfatos de calcio y magnesio, compuestos escasamente solubles y poco disponibles para las plantas (Hinsinger, 2001; Leytem and Mikkelsen, 2005; von Wandruszka, 2006). Con el fin de solventar la baja eficiencia de aprovechamiento del fósforo, los agricultores suelen aplicar fertilizantes fosfatados en cantidades superiores a las necesidades de los cultivos, práctica que encarece los costos de producción y provoca incrementos importantes en las concentraciones de fósforo en el suelo y de la conductividad eléctrica, dando lugar a problemas de salinización de suelos y de eutrofización de los cuerpos de agua (Zhang *et al*., 2010). Una alternativa que se propone para el manejo sustentable de la nutrición de los cultivos agrícolas, es el uso de microorganismos solubilizadores de fósforo, que posibilitan un mejor aprovechamiento de los fosfatos ya existentes en el suelo. Se ha documentado la existencia de hongos y bacterias que solubilizan fósforo y que pueden mejorar el crecimiento y la producción de diversas especies de plantas cultivadas (Amita *et al*., 2007; Khan *et al*., 2007; Rodríguez y Fraga, 1999; Salih *et al*., 1989).

Los dos experimentos desarrollados (en invernadero y en campo) con cultivos de maíz, las cepas de *Serratia marcescens* EB 67 y *Pseudomonas* sp. CDB 35 aumentaron significativamente la producción de materia seca, así como el rendimiento de grano en el ensayo de campo (Hameeda *et*

al., 2008). En otro experimento desarrollado durante dos ciclos de cultivo sucesivos en los años 2008 y 2009, se utilizaron dos cepas solubilizadoras de fosfato de las rizobacterias *Paenibacillus polymyxa* y *Bacillus megaterium* var. *Phosphaticum*, las que inoculadas a plantas de tomate, mejoraron significativamente diferentes parámetros de crecimiento de las plantas (grosor del tallo, número de ramas y área foliar), contenido de pigmentos fotosintéticos, contenido mineral (N, P, K y Mg), contenido total de azúcares, carbohidratos y proteína cruda en las hojas, así como el amarre de frutos, la producción temprana y total de frutos (Abou El-Yazeid y Abou-Aly, 2011).

El objetivo del presente trabajo fue de estudiar la respuesta del cultivo de chile habanero inoculado con dos cepas de rizobacterias solubilizadoras de fósforo a la reducción de la dosis de fertilización fosfatada que normalmente se utiliza en este cultivo en el estado de Yucatán.

Materiales y Métodos

Se utilizaron como bioinoculantes dos cepas de rizobacterias (KCH4 Y TSBPOLCH5) de la colección de microorganismos del laboratorio de Microbiología del Instituto Tecnológico de Tizimín, aisladas previamente de un cultivo de chile habanero.

Preparación de inoculantes y su aplicación a las semillas

Las dos cepas de rizobacterias fueron recuperadas de su medio de conservación en congelación mediante su siembra en medio sólido de agar de soya tripticaseina al 10%. Células de colonias con 24 h de crecimiento fueron transferidas a medio líquido de caldo de soya tripticaseína al 10% y cultivadas en agitación a 150 rpm durante 24 h; 10 ml de cada suspensión bacteriana fueron centrifugadas durante 10 min a 10 mil rpm, desechando el sobrenadante y suspendiendo el sedimento bacteriano con 20 ml de solución salina (NaCl) estéril al 0.85 %; las semillas de chile habanero utilizadas en el experimento fueron desinfectadas en su superficie remojándolas en etanol al 70 % durante dos minutos y seguidamente en cloro comercial al 50 % durante cinco minutos, aplicando inmediatamente tres enjuagues con agua destilada estéril, dejando secar las semillas en la campana de flujo laminar durante una noche. La inoculación se realizó remojando las semillas durante una hora en la suspensión de bacterias, a continuación se retiró el inoculante y se dejó secar las semillas en la campana de flujo laminar. Se estimó el número de unidades formadoras de colonias (UFC) inoculadas por semilla, mediante el método de agitación con vórtex de tres semillas por cada cepa inoculada, una serie de diluciones y siembra en medio sólido de agar de soya de tripticaseina al 10 %, determinando una densidad del orden de 2-3 x 10^6 UFC inoculadas por semilla.

Producción de plántula en semillero

La siembra se hizo en contenedores de poliestireno de 200 cavidades con un sustrato a base de turba con perlita y vermiculita marca Sunshine®, depositando una semilla por cavidad. Cinco días después de la germinación se inició el fertirriego manual, aplicando 2 g L^{-1} de la fórmula 18-18-18, cada vez que se requirió regar, de dos a cuatro veces por semana, hasta los 40 días después de la siembra, cuando las plantas ya estaban listas para el trasplante.

Preparación del suelo para el trasplante

El suelo utilizado se mojó a capacidad de campo y se fumigó con metam-sodio aplicado mediante el sistema de fertirriego en dosis de 1 L/10 m^2, dejándolo cubierto con plástico para acolchado durante dos semanas. Posteriormente se removió el suelo y se embolsó para formar macetas en bolsas de polietileno de 10 kg, separadas a una distancia de 80 cm entre filas y 50 cm entre macetas. Se tomó una muestra compuesta del suelo para realizar un análisis de su fertilidad, en el cual se incluyeron los parámetros de pH, conductividad eléctrica, nitrógeno total, fósforo extraíble y soluble, calcio, potasio y magnesio intercambiable, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico y textura.

Trasplante, segunda inoculación y manejo del cultivo

El trasplante se realizó estableciendo una planta por maceta, e inmediatamente después, se aplicó una segunda inoculación con rizobacterias, con 2 mL de una suspensión bacteriana a la zona de raíces de cada planta, utilizando una micropipeta. Los inoculantes se prepararon de la misma manera que los utilizados en el caso de las semillas, aplicando aproximadamente 10^7 UFC por semilla. El cultivo se podó dejando tres tallos por planta, los que fueron tutorados con rafia sujetada a la estructura del invernadero. Para el tratamiento de fertilización se aplicó 214 kg ka^{-1} de nitrógeno, 135

kg de P_2O_5 y 224 kg ha^{-1} de K_2O (Tun Dzul, 2001), variando únicamente las cantidades de fósforo para los tratamientos con menor dosis de este elemento, de 101 kg ha^{-1} (75 % de la dosis recomendada), de 67.5 kg ha^{-1} (50 %) y de 34 kg ha^{-1} (25 %). Los fertilizantes se aplicaron diluidos con el agua de riego en forma manual.

Tratamientos, diseño experimental y análisis estadístico

Se estudió la respuesta de crecimiento y producción del cultivo de chile habanero a la inoculación de las cepas KCH4 y TSBPOLCH5, por separado y la mezcla de ambas aplicando cuatro diferentes dosis de fertilización fosfatada descritas en el apartado anterior (100, 75, 50 y 25 % de P_2O_5). Además se manejó un testigo sin inoculación de rizobacterias y con el 100 % de la fertilización recomendada. Se midieron las variables de altura de la planta, grosor del tallo y el número de flores y frutos a los 60 días después del trasplante, y el número y peso de frutos de los primeros cinco cortes. La unidad experimental fue de una planta con 10 repeticiones en un arreglo experimental de bloques completos al azar. Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, comparando las medias por el método de Duncan.

Resultados y Discusión

El análisis de fertilidad de suelo (Cuadro 1) indicó un pH alcalino con altos contenidos de calcio, características que favorecen la precipitación y fijación del fósforo en forma de compuestos insolubles como fosfatos de calcio, lo que constituye un factor limitante para la absorción de fósforo por las plantas, no obstante el alto contenido de este elemento en el suelo. Otro factor limitante para la producción en este suelo es su elevada conductividad eléctrica, como resultado de la acumulación de sales residuales de fertilizantes aplicados en años anteriores, sobre todo en especies sensibles al exceso de sales.

Cuadro 1 Análisis de la fertilidad del suelo utilizado en el cultivo experimental de chile habanero

Parámetro	Método	Valor
pH (1:2 vol/vol)	Potenciométrico	7.41
C. E. (extracto de pasta saturada, 1:5 vol/vol; mS)	Conductimétrico	5.35
Nitrógeno total (%)	Kjeldahl	0.67
Fósforo extraíble (mg kg^{-1})	Olsen	210.99
Fósforo soluble (mg L^{-1})	Absorción atómica (A. A.)	1.88
Calcio intercambiable (mg kg^{-1})	Acetato de sodio y A. A.	4802.65
Magnesio intercambiable (mg kg^{-1})	Acetato de sodio y A. A.	998.95
Potasio intercambiable (mg kg^{-1})	Acetato de sodio y A. A.	1385.08
Materia orgánica (%)	Walkley y Black	14.66
Capacidad de intercambio catiónico (meq 100 g^{-1})	Acetato de amonio	50.58

Los parámetros de crecimiento evaluados durante los primeros 60 días después del trasplante (altura de las plantas y grosor del tallo, Cuadro 2) no mostraron diferencias significativas, entre los diferentes tratamientos, no obstante la reducción de la dosis de fertilización fosfatada recomendada para el cultivo de chile habanero. Al inicio de la etapa reproductiva del cultivo (Cuadro 3), a los 60 días después del trasplante, se observó diferencia significativa en el número de flores por planta con la mezcla de las dos cepas de rizobacteria KCH4 y TSBPOLCH5 utilizando el 50 % de fertilizante fosfatado recomendado, ya que este tratamiento superó en un 45 % al testigo. En general se observó una tendencia a una mayor floración con los tratamientos con rizobacterias que con el testigo sin el bioinoculante. Existen numerosos trabajos que han demostrado los efectos benéficos de las rizobacterias que solubilizan fósforo al ser inoculadas a diferentes especies de cultivos. Por ejemplo, en un experimento con plantas de tomate en invernadero y 16 cepas de bacterias solubilizadoras de fósforo (Hariprasad y Niranjana, 2009), se observó un incremento del crecimiento de las plántulas en su parte aérea, en la longitud de raíces, en el peso fresco y seco, así como en el contenido de P. En otro ensayo desarrollado en invernadero con plantas de sorgo (Apanna, 2007), el tratamiento con la cepa PSBV-1 registró la mayor producción de grano y los mayores contenidos de fósforo en las raíces y el grano. Las plantas tratadas con la cepa PSBV-2 tuvieron el mayor crecimiento en longitud y en materia seca de la parte aérea, y mayor contenido de fósforo en las hojas.

Cuadro 2 Crecimiento de plantas de chile habanero inoculadas con rizobacterias y tratadas con diferentes dosis de fertilizantes fosfatados 60 días después del trasplante

Tratamiento	Altura de la planta (cm)	Grosor del tallo (mm)
Testigo (100 % P_2O_5)	65.5[a]	7.1[a]
KCH4 (100 % P_2O_5)	69.4[a]	7.2[a]
KCH4 (75 % P_2O_5)	68.4[a]	7.2[a]
KCH4 (50 % P_2O_5)	66.8[a]	6.9[a]
KCH4 (25 % P_2O_5)	66.7[a]	7.3[a]
TSBPOLCH5 (100 % P_2O_5)	65.3[a]	7.0[a]
TSBPOLCH5 (75 % P_2O_5)	68.5[a]	7.4[a]
TSBPOLCH5 (50 % P_2O_5)	65.4[a]	6.9[a]
TSBPOLCH5 (25 % P_2O_5)	69.6[a]	7.1[a]
MEZCLA (100 % P_2O_5)	60.4[a]	6.7[a]
MEZCLA (75 % P_2O_5)	66.8[a]	7.1[a]
MEZCLA (50 % P_2O_5)	71.4[a]	7.4[a]
MEZCLA (25 % P_2O_5)	69.0[a]	7.1[a]
CV (%)	17.0	11.7

CV: coeficiente de variación

Cuadro 3 Floración y fructificación de plantas de chile habanero inoculadas con rizobacterias y tratadas con diferentes dosis de fertilizantes fosfatados 60 días después del trasplante

Tratamiento	Número de flores planta^{-1}	Número de frutos planta^{-1}
Testigo (100 % P_2O_5)	22.1[b]	19.8[a]
KCH4 (100 % P_2O_5)	26.7[ab]	18.0[a]
KCH4 (75 % P_2O_5)	26.7 [ab]	19.3[a]
KCH4 (50 % P_2O_5)	26.0 [ab]	18.1[a]
KCH4 (25 % P_2O_5)	25.9 [ab]	20.3[a]
TSBPOLCH5 (100 % P_2O_5)	26.2 [ab]	21.9[a]
TSBPOLCH5 (75 % P_2O_5)	29.3 [ab]	17.9[a]
TSBPOLCH5 (50 % P_2O_5)	23.2[b]	18.1[a]
TSBPOLCH5 (25 % P_2O_5)	26.2 [ab]	15.6[a]
MEZCLA (100 % P_2O_5)	23.5[b]	16.6[a]
MEZCLA (75 % P_2O_5)	25.6 [ab]	16.1[a]
MEZCLA (50 % P_2O_5)	32.0[a]	21.1[a]
MEZCLA (25 % P_2O_5)	29.3 [ab]	15.4[a]
CV (%)	26.1	39.7

CV: coeficiente de variación

Al término del trabajo experimental, con la evaluación de los primeros cinco cortes de frutos (Cuadro 4), no se observó ninguna diferencia estadística en el número ni en el peso de frutos entre los diferentes tratamientos, observando que la reducción en la dosis de fertilizante fosfatado hasta solamente el 25 % de la dosis recomendada, acompañada del uso de rizobacterias que solubilizan fósforo, no afectó significativamente el rendimiento del cultivo, lo que podría tener implicaciones importantes en el manejo de los suelos que permitan el uso de microorganismos que puedan favorecer un mejor aprovechamiento de los elementos nutritivos ya presentes en el suelo, que reduzcan el empleo de fertilizantes sintéticos, disminuyan los problemas de acumulación de sales en superficies que se trabajen de manera intensiva como los invernaderos y se tenga ahorro de inversiones en los cultivos al reducir costos por aplicación de fertilizantes.

Cuadro 4 Producción de los primeros cinco cortes de frutos de chile habanero inoculadas con rizobacterias y tratadas con diferentes dosis de fertilizantes fosfatados

Tratamiento	Número de frutos planta^{-1}	Peso de frutos (g planta^{-1})
Testigo (100 % P_2O_5)	39.8[a]	317.6[a]
CH4 (100 % P_2O_5)	39.3[a]	276.8[a]
CH4 (75 % P_2O_5)	38.0[a]	282.1[a]
CH4 (50 % P_2O_5)	39.7[a]	300.2[a]
CH4 (25 % P_2O_5)	38.1[a]	278.2[a]
CH5 (100 % P_2O_5)	39.4[a]	291.2[a]
CH5 (75 % P_2O_5)	36.7[a]	267.3[a]
CH5 (50 % P_2O_5)	34.1[a]	249.2[a]
CH5 (25 % P_2O_5)	34.9[a]	252.2[a]
MEZCLA (100 % P_2O_5)	34.1[a]	255.6[a]
MEZCLA (75 % P_2O_5)	37.7[a]	272.7[a]
MEZCLA (50 % P_2O_5)	45.2[a]	335.0[a]
MEZCLA (25 % P_2O_5)	36.0[a]	271.1[a]
CV (%)	31.2	39.9

CV: coeficiente de variación

Conclusiones

Los resultado sugieren que las cepas de rizobacterias KCH4 y TSBPOLCH5 podrían ser utilizadas como biofertilizantes y reducir las dosis de fertilización fosfatada sin detrimento de los rendimientos de chile habanero. Se requieren más estudios para identificar las cepas utilizadas, sus mecanismos de solubilización de P, su contribución al incremento del P disponible en el suelo y a su absorción por la planta, así como la repetición de los ensayos para verificar la consistencia de los resultados.

Agradecimientos

A la Dirección General de Educación Superior Tecnológica (DGEST) por el financiamiento para el desarrollo de este proyecto con clave 4622.12-P

Bibliografía

Abou El-Yazeid, A. and Abou-Aly, H. E. 2011. Enhancing growth, productivity and quality of tomato plants using phosphate solubilizing microorganisms. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 5(7): 371-379

Amita, A, S. B. Ghosh and S. F. D'Souza. 2007. Isolation of a starch utilizing, phosphate solubilizing fungus on buffered medium and its characterization. Bioresource Biotechnology 98: 3408-3411.

Apanna, V. 2007. Efficacy of phosphate solubilizing bacteria isolated from vertisols on growth and yield parameters of sorghum. Research Journal of Microbiology 2(7): 550-559

Hameeda, B, G. Harini, O. P. Rupela, S. P. Wani and G. Reddy. 2008. Growth promotion of maize by phosphate-solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. Microbiological Research 163: 234-242

Hariprasad, P and S. R. Niranjana. 2009. Isolation and characterization of phosphate solubilizing rhizobacteria to improve plant health of tomato. Plant and Soil 316: 13-24

Hinsinger, P. 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: a review. Plant and soil 237: 173-195

Khan, M. S., A. Zaidi and P. A. Wani. 2007. Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture. A review. Agron. Sustain. Dev. 27: 29-43

Leytem, A. B. and R. L Mikkelsen. 2005. The nature of phosphorus in calcareous soils. Better crops 89(2): 11-13

Rodriguez, H. and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. Biotechnol Adv 17: 319-339

Salih, H. M., A. I. Yahya, A. M. Abdul-Rahmen and B. H. Munam. 1989. Availability of phosphorus in a calcareous soil treated with rock phosphate or superphosphate as affected by phosphate dissolving fungi. Plant and soil 120: 181-185

Tun-Dzul, J. C. 2001. Chile habanero. Características y tecnología de producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Mocochá Yuc. México

Von Wandruszka, R. 2006. Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. Geochemical Transactions 7:6

Zhang, Y. C, R. N. Li, L. Y. Wang, C. X. Zhai, L. L. Chen, X. P. Wu, H. J. Wu, X. B. Wang and Y. K. Li. 2010. Treshold of soil Olsen-P in greenhouses for tomatoes and cucunbers. Comm. in Soil Science and Plant Analysis 41: 2383-2402

PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS FINANCIERO DE ALBAHACA (*Ocimum Basilicum* L.) BAJO RIEGO POR GOTEO EN LA COMARCA LAGUNERA

Orona-Castillo, I.[1*]; Cervantes-Vázquez, M.G.[1]; Vázquez-Vázquez, C.[1]; Salazar-Sosa, E. [1]; Fortis-Hernández, M.[2]

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED).
[2]Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) DEPI, Torreón, Coahuila, México.

* Autor responsable: E-mail: orokaz@yahoo.com. Km 35 Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo. Domicilio Conocido, Venecia, Durango, México. Código Postal 35170. Teléfonos +52(871)711-8918.

Resumen

El presente trabajo de investigación, se realizó en el ciclo Primavera Verano del 2011, en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, ubicado en el Km. 35 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, en el poblado ejidal Venecia, Durango. El objetivo fue analizar el comportamiento productivo de la albahaca (*Ocimum basilicum L*.) en la Comarca Lagunera se usaron diferentes niveles de estiércol solarizado utilizando el riego por cintilla, así como la evaluación financiera de este cultivo. El estiércol solarizado se aplicó a diferentes dosis con un testigo (cero aplicación), 40 t ha^{-1}, 80 t ha^{-1}, 120 t ha^{-1}. Se tomó como factor de evaluación el peso de la albahaca en verde, seco y área foliar, las variables que se usaron en la evaluación financiera fueron la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio-costo, y el punto de equilibrio para una hectárea de albahaca, tomando como referencia el precio internacional de la albahaca.

Palabras clave: Rentabilidad; estiércol solarizado bovino; beneficio-costo

Introducción

El cultivo del *Ocimum basilicum* L. denominada comúnmente como albahaca se evaluó en la Comarca Lagunera en el ciclo Primavera Verano del 2011, es una hierba aromática anual de la familia de las lamiáceas nativa de Irán, India y otras regiones tropicales de Asia. La demanda de la albahaca orgánica se ha incrementado, principalmente porque se considera que sus propiedades medicinales aumentan sus efectos benéficos si se asocian a la producción orgánica. (Ruíz, *et al.,* 2009).

Para la producción la albahaca se utilizó estiércol solarizado. El incremento de los precios de los fertilizantes han impactado notablemente al campo; con los fertilizantes solo se está aplicando nutrientes en un 45% de la superficie de cultivo, que la mayoría de las aplicaciones se realizan en el ciclo primavera-verano con una relación de costo integrado del 10 al 35% de los costos del cultivo (Fortis *et al.*, 2009).

En la Comarca lagunera debido a su actividad lechera el estiércol es un abono que se encuentra de manera abundante. De acuerdo a Salazar *et al.*, 2004, la generación de estiércol seco en la región por vaca es de 3 a 4 kg día^{-1} cabeza^{-1}. Los costos por fertilización pueden ser reducidos con la utilización de estiércol como fuente de nutrimentos, se tiene además la ventaja de que los elementos nutritivos no quedan disponibles en el suelo en un solo momento para la planta; sino que se van incorporando a lo largo de todo el ciclo vegetativo (Vázquez *et al.*, 2010).

La albahaca es capaz de producir rendimiento de masa verde del orden de las 20 t ha^{-1} año en dos cortes (12 y 8 toneladas por hectárea, respectivamente) y de 40 Kilogramos por hectárea de aceite

esencial, Vega *et al* (2011), por otra parte INIFAP (2002), reporta que esta planta puede llegar a producir un volumen de follaje fresco equivalente a 16 t ha^{-1}.

El principal origen de la albahaca que se importa en Estados Unidos es mexicano ya que este país concentró el 49% del valor de las importaciones en 2005. Le sigue en importancia Israel con 20%, Egipto con 18% y con participaciones del 3% aparecen Colombia y Perú (PHN, 2006). En México se produce en los estados de Baja California, Baja California Sur, Morelos y Nayarit (SIAP-SAGARPA, 2010). SIAP-SAGARPA (2011) reportó una superficie total sembrada de 441.05 hectáreas en México y una producción de 3 322.6 t ha^{-1}, el rendimiento es de 8.2 t ha^{-1} en verde y un precio por tonelada de $12,769.84, lo que representa un valor de producción de $42 429 070.38, lo que se traduce en un ingreso total por hectárea de $104 712.68 (SIAP-SAGARPA, 2011).

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola otoño–invierno 2011 en la Facultad de Agricultura y Zootecnia en la División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED) ubicado en el ejido Venecia, municipio de Gómez Palacio, Durango. Esta fue la primera ocasión en la cual se utilizó estiércol solarizado como abono orgánico en el campo donde se realizó el experimento, al finalizar se cortaron y pesaron las plantas tomadas como medias para conocer el peso verde, peso seco y área foliar por tratamiento, con ello determinar su producción por hectárea.

Variedad

La variedad sembrada fue “Nuffar”, que es una variedad de hoja más grande que la Criolla pero más pequeña que la Genovesa, que es la que se exporta al mercado de los Estados Unidos de América. (Briseño, 2003).

Diseño experimental

Los tratamientos se realizaron bajo un diseño de bloques completamente al azar, se evaluaron 4 tratamientos de estiércol solarizado (testigo, 40, 80 y 120 t ha^{-1}) con 4 repeticiones, resultando un total de 16 unidades experimentales. Se le aplico riego por goteo cada tercer día, el volumen de riego fue de 80 cm de lámina de riego por hectárea, cada línea regante se colocó a 40 cm de separación.

Las plantas se trasplantaron en unidades experimentales de 1.20 m por 3 m de largo a una separación de 1 m entre unidades. En cada unidad experimental se trasplantó a 30 cm entre planta y 40 cm cada línea, para dar un total de 40 plantas por unidad experimental, estimando una densidad por hectárea de 83,333 platas por hectárea. A cada unidad experimental, como productos orgánicos se le aplicó una vez por semana neem y ajo como repelente. Los factores que se analizaron para este experimento solo se cosecho una vez el cultivo la albahaca y se evaluó el peso seco, peso verde y área foliar.

Análisis estadístico del experimento

Los datos se analizaron con el software estadístico SAS, mediante un análisis de varianza (ANOVA) con base a un diseño de tratamientos bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos por cuatro repeticiones.

Primero se determinaron los costos fijos, como fue el sistema de riego por goteo. Los costos variables como son preparación de terreno, la semilla, la aplicación de riegos, considerando la energía eléctrica y el costo del agua, los fertilizantes en suelo como fueron la aplicación del estiércol solarizado, mano de obra de aplicación del estiércol y los fertilizantes en planta como el fertiplus y al agrosiem. La mano de obra como son los trabajadores de campo, los gastos administrativos y de venta, además de los plaguicidas como el ajo y el neem. Una vez determinados los costos fijos y variables, se formuló una tabla de depreciación para el sistema de riego. Las fórmulas usadas para el cálculo del VAN, TIR, y punto de equilibrio se obtuvieron del libro Preparación y Evaluación de Proyectos, cuarta Edición, de los autores Nassir Sapag Chain y Reinaldo Sapag Chain, 2006, de la editorial McGraw-Hill. Para el análisis estadístico de los datos de la evaluación económica se utilizó el programa Microsoft Excel en su versión 2010.

Resultados y Discusión

Para peso fresco (verde) no se encontró diferencia significativa para los tratamientos, sin embargo si se muestra una tendencia numérica mayor para el tratamiento 3 con 80 t ha^{-1}, con un valor de 12.098 t ha^{-1}. En cuanto al peso seco no se encontró diferencia significativa en entre los tratamientos pero sí se mostró una tendencia numérica mayor para el tratamiento 1 con testigo con un valor de 1.4 t ha^{-1}. En área foliar no se encontró diferencia significativa entre tratamientos, sin embargo para el tratamiento 3 con 80 t ha^{-1} fue un valor de 1 590 330 m^2 ha^{-1}.

Se evaluaron los costos de fijos de producción se estimaron en 38 727.50 $/ha para un ciclo con un sistema de riego por goteo. Los costos variables se calcularon en 40 272.00 $/ha, como la preparación de terreno barbecho y rastreo, la aplicación del estiércol solarizado la mano de obra para esta actividad, también los costos de aplicación de riegos, el costo de la energía eléctrica, además se consideraron los jornales de trabajo. Para la siembra se consideró el costo de la semilla y los costos de fertilizantes y repelentes. Los gastos administrativos se estimaron en $14 700.00, como se muestra en el cuadro 1.

Por lo tanto se estimó una inversión inicial de 93 699.50 $/ha, lo cual resulta de sumar los costos fijos y costos variables, como se muestra en el Cuadro 2, el flujo de caja es el resultado de la producción en hoja que fue 8 468.50 kg ha^{-1} lo que representa un 70% de la producción total de planta que fue de 12 097 868.28 kg ha^{-1} a un precio de 60.00 $/ha, lo que da como resultado un ingreso por $508 110.47 $/ha.

El sistema de riego se deprecio a 3 años y otras partes se sugieren una depreciación a 10 años, como lo reporta el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (2001).

Se realizó una depreciación a 6 años del sistema, en donde al cuarto año se deberá hacer una reinversión de los materiales depreciados, esta inversión se estimó en 30,204.00 $/ha, como se muestra en el Cuadro 2.

El flujo de caja para 6 años calculado con una tasa bancaria del 14% anual como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 1. Costos Variables para una hectárea.

Costos Variables	
Concepto	**Costo por hectárea**
Preparación del terreno	
Barbecho y rastreo	$1,800.00
Semilla	$1,016.00
Riegos	
Aplicación de riegos	$2,400.00
Energía eléctrica	$1,500.00
Mano de obra	
Trabajador de campo	$7,840.00
Gastos administrativos y de ventas	
Administrativos	$14,700.00
Fertilización de suelo	
Aplicación de estiércol solarizado	$5,000.00
Mano de obra aplicación de estiércol	$800.00
Fertilizante de planta	
Fertiplus	$3,640.00
Agrosiem	$4,160.00
Plaguicidas	
Ajo	$10,400.00
Neem	$1,716.00
TOTAL	**$40,272.00**

Cuadro 2. Flujos de caja para 6 años.

Tabla de flujo de caja							
	Año						
	0	1	2	3	4	5	6
Ingresos		$508,110.47	$508,110.47	$508,110.47	$508,110.47	$508,110.47	$508,110.47
Costos variables		$40,272.00	$40,272.00	$40,272.00	$40,272.00	$40,272.00	$40,272.00
Costos fijos (depreciación)		$10,920.35	$10,920.35	$10,920.35	$10,920.35	$10,920.35	$10,920.35
Gastos adminis-trativos y ventas		$14,700.00	$14,700.00	$14,700.00	$14,700.00	$14,700.00	$14,700.00
Utilidad neta		$456,918.12	456,918.12	456,918.12	456,918.12	456,918.12	456,918.12
Inversión Inicial	$ 93,699.50						
Inversión de reemplazo					$30,204.00		
Inversión en capital de trabajo	$ 65,892.35						
Valor de Desecho							$3,409.40
Flujo de caja	$159,591.85	$456,918.12	$456,918.12	$456,918.12	$426,714.12	$456,918.12	$460,327.52

Cuadro 3. Flujos de caja del proyecto a 6 años.

Flujo de caja del proyecto a 6 años							
	Años						
	0	1	2	3	4	5	6
Flujo de caja	-$159,591.85	$456,918.12	$456,918.12	$456,918.12	$426,714.12	$456,918.12	$460,327.52
Factor de descuen-to	1	0.877192982	0.769467528	0.674971516	0.592080277	0.519368664	0.455586548
Valor actual de la caja de flujo	-$159,591.85	$400,805.37	$351,583.65	$308,406.71	$252,649.01	$237,308.95	$203,630.81

En base a estas cifras se estima un Valor Actual Neto (VAN) de 1 760 472.73 $/ha, que representa el valor del dinero traído a un valor presente de los 6 años.

Estimando una (TIR) de 239%, lo que significa que si es rentable ya que es mayor de 14% la cual es la tasa de interés anual prestada por el banco para un crédito agrícola. Con una relación beneficio/costo de 10.99 $/ha. Con un punto de equilibrio de 2.41 t ha^{-1}, es la cantidad mínima de producción para cubrir los costos.

Conclusiones

El rendimiento de las plantas de albahaca en este primer corte bajo el sistema de riego por goteo bajo las condiciones de la Comarca Lagunera, se obtuvieron rendimientos muy semejantes a los encontrados en Baja California Sur con 12 t ha^{-1}.

El precio estimado para este análisis fue un precio orgánico, el cual se estima en casi cinco veces más que el precio reportado por el SIAP-SAGARPA (2011), el cual reporta un precio rural en verde de $12.76 por kg de albahaca.

El índice de kg/m^3 de agua fue de 1.5, según la producción la cual fue de 12 t ha^{-1} en peso verde total de planta, el volumen manejado fue de 80 cm de lámina de riego. Para la producción de hoja consideraríamos 8.4 t ha^{-1} por lo tanto para hoja el índice de producción sería de 1.05 kg/m^3 de agua. El abono orgánico en el suelo, como lo fue el estiércol solarizado en representa el 6.19 % de los costos totales, lo que representa una gasto mínimo en fertilización del suelo.

Bibliografía

Briseño P. 2003. En “Memorias del curso de Hierbas aromáticas”. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Visitada el 10 de octubre de 2010.http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos/FILE_EVENTOSENTI/FILE_EVENTOSENTI13235.doc

Fortis H. M., J. A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H., Salazar S. E., P. Preciado. R., J. A. Orozco V. y M. A. Segura C. 2009. Uso de estiércol bovino en la Comarca Lagunera. En “Agricultura Orgánica, Segunda edición”. Orona C. I., Fortis H. M., Salazar S. E., Trejo E., H. I., Vázquez V. C., López M. J. D., Preciado R. P., Zúñiga T. R., Figueroa V. R., y Chavarría G. J. A. Eds. Gómez Palacio, Durango, México.

INIFAP. 2002. Manual de producción orgánica de albahaca, Baja California Sur, México.

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. 2001. Panamá tramita Dirección Nacional de Agricultura. Costo del sistema de riego por goteo para una (1) hectárea. Visitado el 14 de Abril de 2013. http://www.panamatramita.gob.pa/sites/default/files/form-files/2006_6_16_2006_15_27_54.pdf. PHN- PLAN HORTÍCOLA NACIONAL. 2006. Visitado el 01 de diciembre de 2011 http://www.cadenahortofruticola.org/admin/bibli/138phn_cap_7_02_albahaca.pdf

Ruiz E. F. H., F. A. M. Beltrán., C. Vázquez V., J. L. García H., E. Salazar S., I. Orona C., B. Murillo A., R. Zúñiga T. 2009. Producción orgánica de albahaca (*Ocimum Basilicum L.*), en las condiciones de Baja California Sur, México (estudio de caso). En “Agricultura Orgánica, Segunda edición”. Orona C. I., Fortis H. M., Salazar S. E., Trejo E., H. I., Vázquez V. C.,

López M. J. D., Preciado R. P., Zúñiga T. R., Figueroa V. R., y Chavarría G. J. A. Eds. Gómez Palacio, Durango, México.

Salazar S. E., C. Vázquez V., J. A. Leos R., M. Fortis H., J. A. Montemayor T., R. Figueroa V., y J. D. López M. 2004. Mineralización del estiércol bovino y su impacto en la calidad del suelo y la producción de tomate (*Lycopersicum sculentum Mill*) bajo riego sub-superficial: Phyton (B. Aires), Vicente López, 2011. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-56572004000100032&lng=es&nrm=iso. Accedido en 25 septiembre 2011.

SIAP-SAGARPA. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2010. Visitado el 11 de septiembre de 2011. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351.

SIAP-SAGARPA. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2011. Visitado el 20 de mayo de 2013. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351.

Vázquez V. C., E. Salazar S., M. Fortis H., M. I. Reyes O., R. Zúñiga T. y J. A. González. 2010. Uso de cubiertas plásticas para solarización de estiércol bovino. En “Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas”. Vol.1 Núm.4. Pág. 619-625.

Vega M. G., M. C. Escandón, R. Soto, A. Mendoza. 2011. Instructivo técnico del cultivo de la albahaca (*Ocimum basilicum L.*) en Cuba. Estación Experimental de Aceites Esenciales. Unión de Jabonería y Perfumería .SUCHEL. Industria Ligera. Visitado el 20 de septiembre de 2011. http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5178/albahaca.pdf.

BIOFORTIFIACIÓN CON HIERRO Y ZINC EN FRIJOL: ESTRATEGIA DE INNOVACIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD NUTRICIONAL Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Sida Arreola, J.P.[1]; Sánchez Chávez, E.[2]*; Ávila Quezada, G.D.[2]; Acosta Muñiz, C.H.[3]; Zamudio Flores, P.B.[3]

[1]Tesista de Doctorado del Programa de Posgrado Institucional del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N Parque Industrial, Apdo. Postal 781. P. 31570 Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.
[2]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias. Av. 4a. Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. C.P. 33089. Tel/Fax: 639-4748400 Ext. 102.
[3] Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. A. C. Unidad Cuauhtémoc. Av. Río Conchos S/N Parque Industrial, Apdo. Postal 781. P. 31570 Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

* Autor responsable: esteban@ciad.mx; Av. 4a. Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. C.P. 33089. Tel/Fax: +52 (639)-474-8400

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la biofortificación con hierro y zinc en forma de quelatos y sulfatos sobre la capacidad antioxidante, calidad nutricional y patrón de distribución en frijol. Cuatro dosis de hierro y zinc fueron probadas en las formas de sulfato y quelato de Fe y Zn: 0, 25, 50 y 100 µM L^{-1} de Fe y Zn respectivamente, las cuales se aplicaron durante 40 días a las plantas de frijol bajo un sistema hidropónico, posteriormente se determinó la capacidad antioxidante y calidad nutricional en frijol. Los resultados obtenidos indican que la biofortificación con hierro y zinc mejoraron la capacidad antioxidante y la calidad nutricional del frijol, considerados los principales atributos de calidad del frijol y para la salud del consumidor. En el caso de la capacidad antioxidante destacó de forma general la dosis de 25 µM L^{-1} de quelato de Fe y Zn en relación a la forma de Sulfato; mientras que en el valor nutricional del frijol para Fe fue quelato de Fe a dosis de 25 a 50 µM L^{-1} y para Zn tanto quelato como sulfato de Zn presentaron contenidos similares a las dosis de 25 a 50 µM L^{-1}. Finalmente, se concluye que es viable implementar un programa de biofortificación con Fe y Zn en frijol, ya que estos nutrientes se concentraron más en las semillas (parte comestible de la planta), permitiendo mejorar su calidad nutricional y capacidad antioxidante.

Palabras clave: Phaseolus vulgaris; biofortificación; frijol.

Introducción

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa de mayor consumo en el mundo. Su consumo ayuda a disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y del aparato digestivo, diabetes, obesidad y cáncer (Bazzano *et al*., 2001). En América Latina es la principal fuente de proteína, carbohidratos, vitaminas del complejo B y minerales. En México está entre los siete productos básicos más importantes de la agricultura (AMSDA, 2007). Dos de los minerales esenciales contenidos en mayor cantidad en la semilla de frijol son el hierro (Fe) y el zinc (Zn), los cuales representan los mayores índices de deficiencia en la población a nivel mundial, con un 60-80% del total para el caso del Fe y un 30% para el Zn (Poletti *et al*., 2004). El Fe es un elemento importante en la alimentación, ya que regula la actividad de diferentes enzimas y juega un papel importante en el sistema inmune (Lynch, 2003). Además es el átomo central de la hemoglobina en la sangre humana. La deficiencia de Fe provoca anemia, baja resistencia a infecciones, reduce la capacidad de aprendizaje y el crecimiento, fatiga y reducción de la productividad en el trabajo. Por su parte, el Zn es requerido para la actividad de más de 100 enzimas involucradas en varias rutas metabólicas y

consecuentemente es necesario para un amplio rango de funciones bioquímicas e inmunológicas (Hotz y Brown, 2004). La deficiencia de Zn afecta el crecimiento, la competencia inmune, la función reproductiva y el desarrollo neurológico. Además, está asociada con el incremento de la morbilidad y mortalidad (Hotz y Brown, 2004). La deficiencia de Fe y Zn da lugar a la acumulación de especies reactivas del oxígeno (ROS), tales como peróxido de hidrógeno (H_2O_2), el radical superóxido (O_2^-) y el radical hidroxil (OH^-), los cuales son productos tóxicos del metabolismo celular del oxígeno (Berlett y Stadtman, 1997). La concentración celular de ROS es un factor determinante para la presencia de envejecimiento prematuro y cáncer (Stadtman, 1992). La reducción directa de H_2O_2 por GSH-Px y catalasa, así como la eliminación de radicales superóxido por la superóxido dismutasa (SOD) contribuyen a la homeostasis del estado redox celular (Djanaguiraman *et al*., 2005). Una solución complementaria a la problemática de la deficiencia de micronutrientes en la dieta es la Biofortificación (Bouis, 2003), que se define 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). Por otro lado, existe escasa literatura que estudie la forma en la cual la biofortificación con Fe y Zn influencia la calidad nutricional de las plantas y su actividad antioxidante, dado que una aplicación excesiva de estos elementos puede provocar efectos tóxicos en éstas; por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto de la aplicación diferentes formas y dosis de Fe y Zn sobre la calidad nutricional, la actividad y capacidad antioxidante en las semillas de frijol, así como el patrón de distribución en plantas de este cultivo.

Materiales y Métodos

Las semillas de *Phaseolus vulgaris* L., cv. Strike se germinaron y crecieron en un invernadero experimental en Delicias, Chihuahua. Se usaron macetas de 30 cm de diámetro y como sustrato una mezcla turba, vermiculita y perlita en proporción 3:1:1. La temperatura media fue de 30 ± 4 ºC dentro del invernadero. 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 $CaCl_2{\cdot}2H_2O$, 1.4 mM de $MgSO_4$, 5 µM de Fe-EDDHA, 2 µM de $MnSO_4{\cdot}H_2O$, 1.0 µM de $ZnSO_4{\cdot}7H_2O$, 0.25 µM de $CuSO_4{\cdot}5H_2O$, 0.3 µM de $(NH_4)_6Mo_7O_{24}{\cdot}4H_2O$ 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 y las dosis empleadas fueron 0, 25, 50 y 100 µM, las cuales se adicionaron a la solución nutritiva 20 días después de la siembra durante 40 días. El diseño experimental fue completamente al azar con dos formas de fertilización y cuatro dosis de aplicación de Fe y Zn (0, 25, 50 y 100 µM), 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: contenido de macro y micronutrientes, superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), glutation peroxidasa (GSH-Px), contenido de H_2O_2, capacidad antioxidante. 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

Patrón de distribución de Fe y Zn

El patrón de distribución es un indicador usado para determinar la concentración de nutrientes en los diferentes órganos de la planta. En relación con la distribución de Fe y Zn y su transporte hacia la vaina y semilla en las plantas de frijol, se observó que tanto en los tratamientos de Fe, como en los de Zn, la forma de quelato fue la más efectiva para la acumulación de ambos elementos en la semilla (Figura 1).

Figura 1. Patrón de distribución de Fe y Zn en plantas de frijol bajo diferentes dosis y formas de aplicación de Fe y Zn. Los valores son porcentajes promedio (n=4).

Calidad nutricional

La calidad nutricional de los cultivos es un parámetro importante en la alimentación. Los alimentos de origen vegetal proporcionan algunas de las vitaminas y minerales esenciales, así como compuestos promotores de la salud. En el presente experimento se observó un incremento significativo en la concentración de macro y micronutrientes por efecto de la aplicación de Fe y Zn, donde las dosis que mejoran la calidad nutricional del frijol son: para Fe fue quelato de Fe a dosis de 25 a 50 µM L^{-1} y para Zn fue sulfato de Zn a las dosis de 25 a 50 µM L^{-1} (Figura 2). Son pocos los estudios que analizan el efecto de la aplicación de Fe y Zn sobre el contenido nutricional de las plantas comestibles durante el ciclo vegetativo del cultivo. Hermosillo (2012) indica que al biofortificar al frijol con selenio se observó que las mejores dosis fueron 40 µM de selenito y 20 µM de selenato, ya que incrementaron el contenido de Fe, Zn y Se. También se observó un aumento en la capacidad antioxidante de las semillas de frijol y por consiguiente, un aumento en su valor nutritivo.

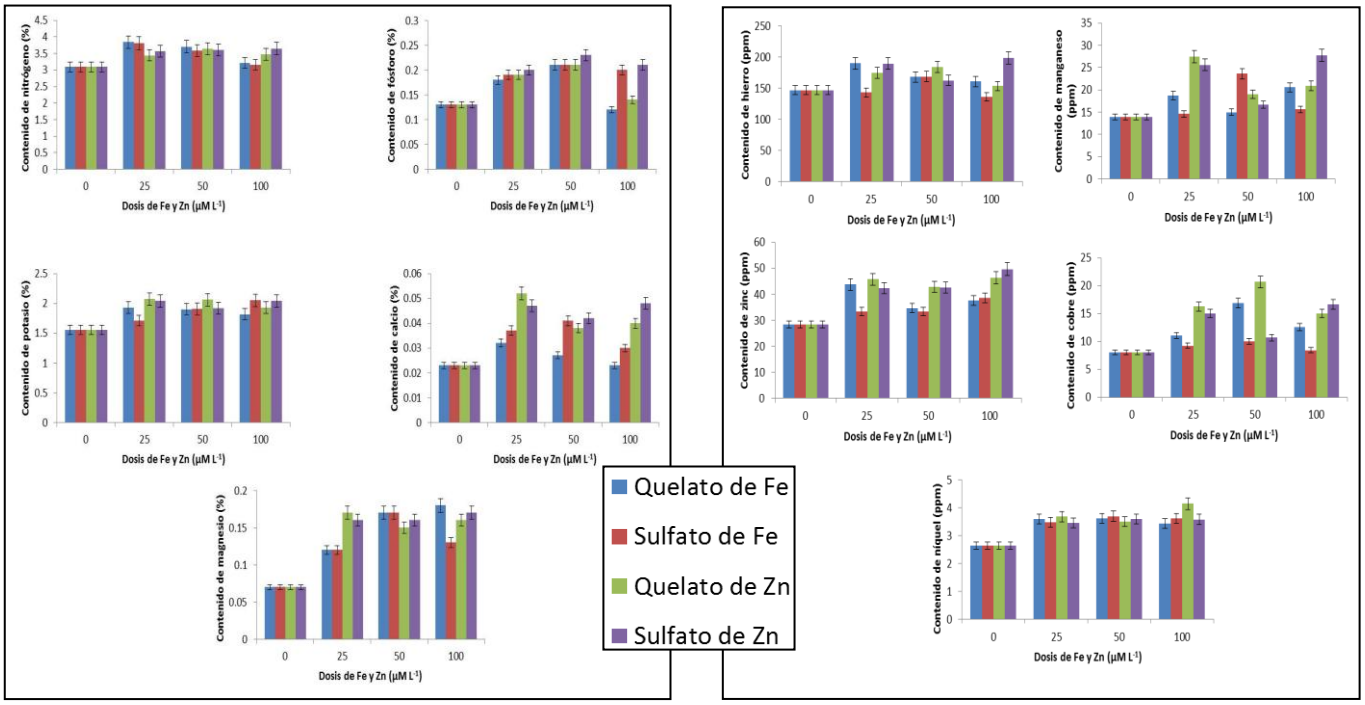


Figura 2. Contenido de macro y micronutrientes en semillas de frijol bajo diferentes dosis de aplicación de hierro y zinc. Los datos son medias ± error estándar (n=4).

Sistema antioxidante

Las ROS son responsables de un número considerable de enfermedades, incluyendo ciertos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Shahidi, 1997). En los sistemas vivos, las ROS provocan la peroxidación lipídica celular, la cual se asocia con procesos de envejecimiento y carcinogénesis (Cutlar, 1984). Las plantas han desarrollado un sistema de defensa para las ROS, que implica evitar su formación y llevar a cabo su eliminación (Hausladen y Alscher, 1993). Una de estas ROS es el H_2O_2, el cual es producido por la SOD (Elstner, 1991). En el presente trabajo se observó que la menor producción y acumulación de H_2O_2 se presentó en las aplicaciones de quelato de Fe, y sulfato de Fe a dosis de 25 µM L^{-1}; mientras que para quelato de Zn fue 50 µM L^{-1} y para sulfato de Zn fue 25 µM L^{-1} (Figura 3). La reducción directa de H_2O_2 por GSH-Px y catalasa, así como la eliminación de radicales superóxido por la superóxido dismutasa (SOD) contribuye a la homeostasis del estado redox celular (Djanaguiraman *et al*., 2005). La SOD juega un papel importante en los procesos de detoxificación, catalizando la conversión del radical superóxido (O_2^-) a O_2 y H_2O_2 y está asociado con situaciones de estrés (Bonnet *et al*., 2000). En el presente estudio se observó que las mayores actividades de SOD se presentaron en quelato de Fe a una dosis de 50 µM L^{-1} mientras que en la forma de sulfato de Fe fue a 25 µM L^{-1}, sobresaliendo esta misma dosis para quelato y sulfato de Zn (Figura 3). La catalasa (CAT) es encontrada principalmente en los peroxisomas y se encarga de la transformación de H_2O_2 en agua, aunque su afinidad por el sustrato es más débil que el de otras enzimas antioxidantes (Arora *et al*., 2000).

Con relación a la actividad de la CAT, incrementos significativos se presentaron a dosis de 50 µM L^{-1} tanto para quelato y sulfato de Fe; mientras que para las formas de Zn fueron 50 µM L^{-1} para quelato de Zn y para sulfato de Zn fue el control (Figura 3). La glutation peroxidasa (GSH-Px) juega un importante papel en la detoxificación de peróxido de hidrógeno, hidroperóxidos orgánicos y peróxidos lipídicos (Hartikainen *et al*., 2005). En lo que respecta a la actividad de la GSH-Px, se observaron diferencias significativas en su comportamiento en las formas de quelato y sulfato de Fe y Zn en las dosis entre 0 y 25 µM L^{-1}. Relacionando la actividad de esta enzima con la concentración de H_2O_2, se observó que la dosis de 25 µM L^{-1} en todas las formas de aplicación (Figura 3), tuvo una tendencia muy similar, lo cual hace suponer que la actividad GSH-Px estuvo directamente implicada en el mantenimiento de niveles bajos de H_2O_2 en dicha dosis de aplicación.

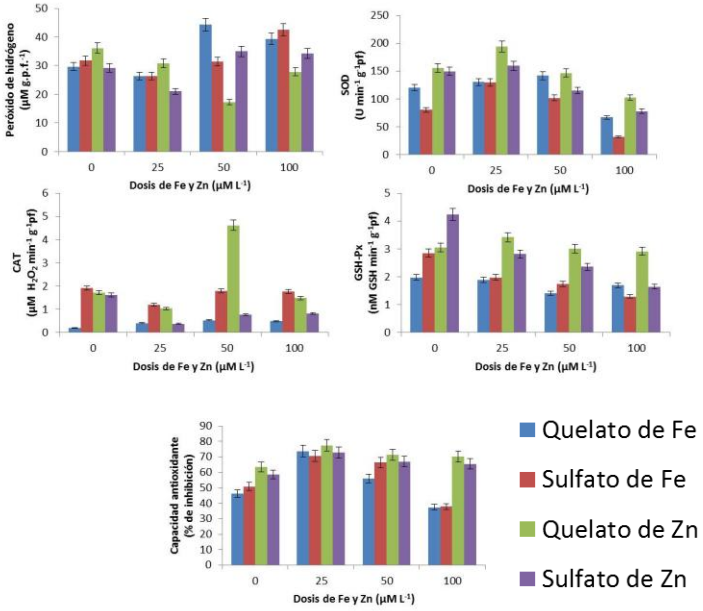


Figura 3. Actividad de las enzimas superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), glutation peroxidasa (GSH-Px), contenido de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y prueba de capacidad antioxidante en semillas de frijol bajo diferentes dosis de aplicación de hierro y zinc. Los datos son medias ± error estándar (n=4).

Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante de los alimentos consumidos en la dieta es muy importante y ha sido relacionada con una reducción en la aparición de arteriosclerosis cardiovascular, cáncer y desordenes neurodegenerativos, tales como Alzheimer y Parkinson (Cho *et al*., 2004). El sistema antioxidante humano en combinación con compuestos antioxidantes presentes en frutos y vegetales frescos juegan un papel importante la reducción del estrés oxidativo (Connor *et al*., 2005). En nuestro estudio, se observaron diferencias significativas en la prueba de capacidad antioxidante a través del DPPH tanto por las formas y dosis de aplicación de Fe (Figura 3), destacando la dosis de 25 µM L^{-1} de quelato de Fe con un incremento de 37% y 49% en relación al control y la dosis de 100 µM L^{-1} respectivamente; mientras que la forma de sulfato de Fe presenta un comportamiento parecido destacando con la mayor capacidad antioxidante la dosis de 25 µM L^{-1} de sulfato de Fe en relación al control y a la dosis de 100 µM L^{-1}; sin embargo, comparando las dos formas de Fe, destaca el quelato de Fe en la capacidad antioxidante con un incremento de 4% en comparación al Sulfato de Fe en la dosis de 25 (µM L^{-1}). Con respecto a la capacidad antioxidante en función de las formas y dosis de aplicación de Fe y Zn, en la Figura 3 se muestran diferencias significativas encontradas, destacando de forma general el quelato de Zn en relación con las demás formas de aplicación, con la dosis de 25 µM L^{-1}, lo que indica que esta forma de Zn mejora uno de los principales atributos de calidad del frijol y de igual forma, la salud del consumidor. Ríos *et al*. (2008) realizaron un estudio con biofortificación de Se en lechuga y encontraron que el tratamiento de 40 µM L^{-1} de selenato resultó el más adecuado para las plantas de lechuga, mejorando la capacidad antioxidante y la acumulación de Selenio, lo cual es importante para la alimentación y la salud del consumidor. De igual forma, Blasco *et al*. (2008) mencionan que las plantas de lechuga biofortificadas con Iodo a una dosis de 40 µM L^{-1} en la forma de I^- mejoró la biomasa, la capacidad antioxidante y el contenido mineral de la lechuga, lo que garantiza la viabilidad de un programa de biofortificación.

Conclusiones

La biofortificación con hierro y zinc mejoraron la capacidad antioxidante y la calidad nutricional del frijol, considerados los principales atributos de calidad del frijol y para la salud del consumidor. En el caso de la capacidad antioxidante destacó de forma general la dosis de 25 µM L^{-1} de quelato de Fe y Zn en relación a la forma de Sulfato; mientras que en el valor nutricional del frijol para Fe fue Quelato de Fe a dosis de 25 a 50 µM L^{-1} y para Zn tanto quelato como sulfato de Zn presentaron contenidos similares a las dosis de 25 a 50 µM L^{-1}. Finalmente, se concluye que es viable implementar un programa de biofortificación con Fe y Zn en frijol, ya que estos nutrientes se concentraron más en las semillas (parte comestible de la planta), permitiendo mejorar su calidad nutricional y capacidad antioxidante.

Agradecimientos

Este trabajo está siendo financiado por el proyecto CHIH-2010-C01-148114 de FOMIX-CHIHUAHUA-CONACYT.

Bibliografía

AMSDA. 2007. Asociación Mexicana de Secretarios de Desarrollo Agropecuario A. C. Plan Rector Sistema Frijol Segunda Fase: Diagnóstico inicial base de referencia estructura estratégica. http://www.amsda.com.mx/Ultima Consulta 17/05/08.

Arora, A., Byrem T.M., Nair M.G., Strasburg, G.M. 2000. Modulation of liposomal membrane fluidity by flavonoids and isoflavonoids. Arch Biochem Biophys 373:102–109.

Bazzano, L.A., J. He, L.G. Ogden, C.M. Loria, S. Vupputuri, L. Myes and P.K. Whelton. 2002. Fruit and vegetable intake and risk of cardiovascular disease in US adults: the first national health and nutrition examination survey epidemiologic follow-up study. The American Journal of Clinical Nutrition 76: 93-99.

Berlett, B.S. and E.R. Stadtman. 1997. Protein oxidation in Aging, Disease and Oxidative stress. J. Biol. Chem. 272, 20313–20316.

Blasco, B., Ríos J.J., Cervilla L.M., Sánchez-Rodríguez E., Ruíz J.M., Romero L. 2008. Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce: Potential benefits for cultivation and human health. Annals of Applied Biology 152: 289-299.

Bonnet, M., O. Camares and P. Veisseire, 2000. Effects of Zn and influence of *Acremonium lolii* on growth parameters, chlorophyll fluorescence anda antioxidant enzyme activities of ryegrass (*Lolium perenne* L. cv Apollo). J. Exp Bot., 51: 945-953.

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.

Cho, E., Seddom J.M., Rosner B., Willet W.C., Hankinson S.E. 2004. Prospective study og ntake of fruit, vegetables, vitamins and carotenoids and risk of age-related maculopathy. Archives of Ophthalmology 122: 8833-892.

Cichy, K.A. 2005. Inheritance of seed zinc accumulation in navy bean. Crop Sci. 45: 864–870.

Connor, A.M., Stephens M.J., Hall H.K., Alspach P.A. 2005. Variation and heritabilites of antioxidant activity and total phenolic content estimated from a red raspberry factorial experimental. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 130: 403-411.

Cutlar, R.G. 1984. Antioxidants, aging and longevity. In: Pryor WA, editor. Free radicals in biology. Orlando, Fla.: Academic Press. p 6.

Dietary References Intakes (DRI). 2000. National Research Council, Washington: National Academy Press. pp. 284-319.

Elstner, E.F. 1991. Mechanisms of oxygen activation in different compartments of plant cells. In: Pell EJ, Steffen KL, eds. *Active oxygen/oxidative stress and plant metabolism*. Rockville, MD: American Society of Plant Physiologists, 13-25.

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.

Hajiboland, R., F. Amirazad. 2010. Growth, photosynthesis and antioxidant defense system in Zn-deficient red cabbage plants. Plant Soil Environ., *56*, (5): 209–217.

Hartikainen H. 2005. Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18: 309–318.

Hausladen, A. and R.G. Alscher**.** 1993. "Glutathione." In antioxidants in higher plants. (R.G. Alscher and J.L. Hess, eds) pp 1-30. CRC Press.

Hermosillo Cereceres, M. A. 2012. Biofortificación con selenio: Influencia en la capacidad antioxidante y calidad nutricional del frijol. Tesis Doctoral. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Cd. Cuauhtémoc, Chihuahua. Abril 12 de 2012.

Lazze, M.C., Pizzala R., Savio L.A., Stivala E.P., Bianchi L. 2003. Anthocyanins protects against DNA damage induced by tert-butyl hydroperoxide in rat smooth muscle and hepatoma cells. Mutation Research 535: 103-115.

Lyons, G.H., J.C.R. Stangoulis, R.D. Graham. 2003. High-selenium wheat: biofortification for better health. Nutr. Res. Rev. 16: 45-60.

Djanaguiraman, M., D.D. Devi, A.K. Shanker, J.A. Sheeba and U. Bangarusamy. 2005. Selenium – an antioxidative protectant in soybean during senescence. Plant and Soil. 272: 77–86

Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, Trends Plant Sci. 7. 405-410.

Moran, J.F., R.V. Klucas, R.J. Grayer, J. Abian and M. Becana. 1997. Complexes of iron with phenolic compounds from soybean nodules and other legume tissues: Prooxidant and antioxidant properties. Free Radic. Biol. Med. 22, 861-870.

Poletti, S. 2004. The nutritional fortification of cereals. Curr. Opin. Biotechnol. 15: 162–165.

Raymond, F., M.D. Burk. 2002. Selenium, an antioxidant nutrient. Nutrition in clinical care. 5(2): 75-79.

Ríos J.J., M.A,Rosales, B. Blasco, L.M. Cervilla, L. Romero, J.M. Ruiz. 2008. Biofortification of Se and induction of the antioxidant capacity in lettuce plants. Scientia Horticulturae 116: 248-255.

SAGARPA. 2011. Resumen de cierre de siembras y cosechas para cultivos agrícolas. Sub-Delegación de planeación. SAGARPA. Delegación Estatal Chihuahua. México.

Sánchez, E., R.M. Rivero, J.M. Ruiz, 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.

Sathe, S., K.S.S. Deshpande, D.K. Salunkhe. 1985. Dry beans of *Phaseolus*. A review. Part 1. Chemical composition: Carbohidrates, fiber, minerals, vitamins and lipids. Cr Rev Food Sci Nutr. 21: 41.

Shahidi, F. and M. Naczk. 1995 Phenolic Compounds in grains In: *Food Phenolics; Source, Chemistry Effects Applications*, pp 3-39. Technomic Publishing Company Inc., Lancaster PA

Weckx, J. E., M.M. Clijsters. 1996. Oxidative damage and defense mechanisms in primary leaves of *Phaseolus vulgaris* as a result of root assimilation of toxic amounts of copper. *Physiol Plant* 96: 506-512.

White, P.J., M.R. Broadley. 2005. Biofortifying crops with essential mineral elements. Trends in Plant Science. 10 (12): 586-593.

Willekens, H., D. Inze, M. Van Montagu and W. Van Camp. 1995. Catalase in plants. Molecular Breeding, 1, 207-228.

EFECTO DE DIFERENTES FORMULAS DE FERTILIZACION SOBRE EL RENDIMIENTO Y EL TAMAÑO Y CALIDAD FISIOLOGICA DE SEMILLAS DE HABA (Vicia faba L.)

Solórzano Vega, E[1*]. ; Aragón López, E.[2]; Vázquez Palacios, C.[2]; López Herrera, A.[1]

[1]Profesor investigador del Departamento de Fitotecnia y Director de tesis, Chapingo, México.
[1]Academia de Cultivos Básicos, Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Texcoco, México. Correo-e: esteban_solorzano@yahoo.com

Resumen

La presente investigación se realizó con el propósito determinar el efecto de la fertilización en campo con diferentes fórmulas y formas de aplicación sobre el rendimiento y sus componentes de haba (*Vicia faba* L.) y posteriormente evaluar la calidad fisiológica de dos tamaños de semillas de haba almacenadas por dos años. Se emplearon semillas criollas de Santa Catarina del Monte, variedad Cochinera amarilla. De los resultados se obtuvo que: 1) no se encontraron diferencias significativas en los componentes del rendimiento y por la fertilización edáfica y foliar, únicamente lo hubo para la variable porcentaje de nitrógeno en la semilla. 2) La utilización de diferentes fórmulas y formas de aplicación de fertilizantes, causan diferencias en la longevidad de la semilla y por lo tanto diferencias en los niveles de vigor y germinación. 3) El elevado número de plántulas anormales indica un envejecimiento y pérdida de vigor en las semillas, asociada a las altas concentraciones de fertilizantes y al tiempo de almacenamiento. 4) Las semillas pequeñas transportan más efectivamente las reservas a zonas de crecimiento, mejor que las semillas grandes. 5) El mejor tratamiento respecto a la germinación después del envejecimiento acelerado es la fórmula 80-30-Nitrofoska, representada por las interacciones para los dos tamaños de semilla. Parte de tesis que presenta el primer autor para obtener el título de Ing. Agrónomo especialista en Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx.

Palabras calve: Fertilizacion; haba

Introducción

Para toda semilla es necesario conocer la calidad fisiológica, como el dato de germinación, el cual nos garantizará un establecimiento en campo de manera uniforme y sin pérdidas al igual que el dato de vigor. Actualmente el cultivo de haba se le practican aplicaciones de: Herbicidas, insecticidas, fungicidas, fertilizantes de manera foliar y edáfica, lo cual no nos indica necesariamente que los requerimientos sean los adecuados para un mejor desarrollo de la semilla. Sin embargo, éstas aplicaciones se realizan a diferentes fórmulas y concentraciones con la finalidad de obtener mejor rendimiento económico y biológico final.

Por lo anterior, es de suma importancia estudiar los factores genéticos, morfológicos, fisiológicos y ambientales que influyen en el nivel de calidad de la semilla de haba, lo cual nos permitira establecer criterios de producción específicos. Al considerar los aspectos señalados, los objetivos de ésta investigación fueron: 1) evaluar dos fertilizantes foliares y tres niveles de fósforo y otasio sobre el rendimiento de semilla de haba, 2) determinar el efecto de diferentes fórmulas de fertilización y formas de aplicación sobre la germinación y vigor de la semilla, 3) evaluar el vigor de la semilla en condiciones de estrés y 4) evaluar el efecto del tamaño de la semilla sobre la germinación y vigor.

La calidad de las semillas significa homogeneidad genética, apariencia física, sanidad, uniformidad, viabilidad y frecuentemente el funcionamiento de las plantas en el campo en términos de emergencia, desarrollo, crecimiento y finalmente rendimiento. La viabilidad se utiliza con frecuencia como el factor de mayor importancia para definir la calidad, pero usualmente se manejan viabilidad y vigor como sinónimos para describir ésta condición (Maguire, 1977). Se caracteriza por cuatro atributos: genéticos, sanitarios, fisiológicos y físicos. La calidad fisiológica de la semilla comprende todos aquellos atributos que indican

su capacidad de desempeñar funciones vitales. El único parámetro de uso generalizado para medir la calidad fisiológica de la semilla ha sido el poder germinativo, establecido mediante la prueba estándar de germinación (Obrador, 1980). Perry, 1980 mencionó que las variaciones en el vigor son varias y diversas y entre los factores principales que influyen en el mismo se encuentran: constitución genética, ambiente y nutrición de la planta madre, estado de maduración al momento de la cosecha, tamaño, envejecimiento y patógenos.

Envejecimiento acelerado. El principio fundamental consiste en la exposición de pequeñas muestras de semillas a condiciones adversas de temperatura de 30 - 42° C y humedad relativa de 85-100% por un tiempo específico (Delouche y Baskin, 1973).

Los factores que influyen en el deterioro de la semilla durante el almacenamiento son: el contenido de humedad, temperatura, humedad relativa, gases en el ambiente, recipiente utilizado, insectos y patógenos (Seshu *et al*., s/a). El tamaño de semilla, determinado por su diámetro o peso por semilla, y la densidad de siembra tienen una gran importancia como factores que afectan el vigor de la semilla (Dickson, 1980). Silva (1979), citado por Filho y Avancine (1983), resumió las principales tendencias de los efectos de tamaño de semilla en leguminosas: a) La emergencia de plántulas originadas de semillas pequeñas en campo o invernadero, siempre es menor que las originadas de semillas grandes y frecuentemente inferior a las medianas, b) Poblaciones establecidas de semillas pequeñas generalmente están integramente constituidas por plantas de menor altura, incluso 20-30 días de sembradas, además de presentar parámetros inferiores y c) La superioridad de producción de semillas grandes en general no fué comprobada.

Materiales y Métodos

Localización. El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en dos fases, la primera se llevó acabo en el Lote X19 del Campo Experimental, y la segunda se realizó en el laboratorio de semillas del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, 19° 29' LN y 98° 51' LO, a 2241 msnm, en Chapingo, México.

Material genético. Se utilizó semilla criolla de Santa Catarina del Monte, variedad criolla Cochinera, cosechada en el mes de septiembre de 1992. Dicho material fué obtenido en el campo experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, y para este estudio se eligieron los tratamientos que se observan en el Cuadro 1.

Diseño experimental y tratamientos. El experimento se estableció en un diseño Completamente al Azar con tres repeticiones, por cada tamaño de semilla con 9 fórmulas de fertilización, dando lugar a 18 tratamientos (Cuadro 1).

Debido a que se presentaron problemas con microorganismos y retrazaron el trabajo, se realizó una desinfección de las semillas antes de sembrarlas, consistiendo en lo siguiente: 1) Se lavó las semillas en una solución con detergente y se enjuagó con agua destilada, 2) Se sumergieron las semillas en una solución de cloro al 70%, durante tres minutos y se enjuagó dos veces con agua destilada y 3) Finalmente se sumergió en una solución con alcohol a una concentración del 70%, durante tres minutos e inmediatamente se enjuagó tres veces con agua destilada.

Las variables que se consideraron de interés fueron las siguientes: peso de cincuenta semillas (P50S), longitud de raíz (LR), longitud de la parte aérea (LA), peso húmedo de raíz (PHR), peso húmedo de parte aérea (PHA), peso húmedo de resto de semilla (PHS), peso seco de raíz, parte aérea y resto de semilla (PSR, PSA y PSS), número de plántulas normales y anormales (NPN y NPA), germinación (GER), germinación después de la prueba de envejecimiento acelerado (GV), número de plántulas normales y anormales después de la prueba de envejecimiento acelerado (NPNV y NPAV).

Analisis estadístico. Los resultados obtenidos de la evaluación de las variables, se manejaron en porcentaje y con la finalidad de asegurar la distribución normal de las variables, se transformaron mediante la función arco-seno, valores que se utilizaron para el análisis de varianza, pruebas de Tukey y análisis de correlación.

Cuadro 1. Distribución de tratamientos.

NUMERO	FORMULA	TAMAÑO DE SEMILLA
1	00-00-00 (Testigo)	Grande y Pequeña
2	80-00-00	Grande y Pequeña
3	120-90-00	Grande y Pequeña
4	00-00-Nitrofoska	Grande y Pequeña
5	00-00-Urea foliar+Folim	Grande y Pequeña
6	80-30-Nitrofoska	Grande y Pequeña
7	80-30-Urea foliar+Folim	Grande y Pequeña
8	120-90-Nitrofoska	Grande y Pequeña
9	120-90-Urea foliar+Folim	Grande y Pequeña

Nota. Del tratamiento 4-9 se aplicó fertilizante foliar. Los tratamientos son las combinaciones de fórmula con tamaño de semilla.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2, se observa el comportamiento de los dos tamaños de semilla a traves de las variables estudiadas. En donde se encontró diferencias estadísticas significativas, superando la semilla pequeña en las variables: longitud de raíz (LR), longitud de la parte aérea (LA), peso húmedo de raíz (PHR), peso húmedo de la parte aérea (PHA), peso seco de la parte aérea (PSA) y número de plántulas normales (NPN). Esto indica que las semillas pequeñas transportan más efectivamente las reservas a zonas de crecimiento mejor que las semillas grandes. La semilla grande se observa que es superior a las semillas pequeñas en las variables peso húmedo de resto de semillas (PHS), peso seco de resto de semillas (PSS), peso de cincuenta semillas (P50S) y con número de plántulas anormales (NPA); en este caso un valor alto significa problemas para la semilla grande quien produjo plántulas con anormalidades. En la prueba de envejecimiento acelerado (E.A.) no se encontró diferencias estadísticas significativas para las variables germinación (GV), número de plántulas normales (NPNV) y número de plántulas anormales (NPAV). Sin embargo se puede apreciar que para éstas variables hay una superioridad en semillas grandes lo cual concuerda con lo reportado por Carvalho *et al*., (1980) en soya; Giraldo, (1980) en soya, frijol y maíz. Debido a que las semillas de mayor tamaño amortiguó más el deterioro de la prueba de envejecimiento acelerado que la semilla pequeña, ya que las semillas grandes tienen mayor cantidad de reservas que las pequeñas. Para el factor fertilización (Cuadro 3) se puede observar que el tratamiento sin fertilización (testigo), superó a los demás tratamientos con fertilización con las variables longitud de raíz (LR), longitud de la parte aéra (LA), peso húmedo de raíz (PHR), peso húmedo de la parte aérea (PHA), peso seco de la parte aérea (PSA) y número de plántulas normales (NPN). La fórmula 80-00-00 fue estadisticamente superor en las variables peso seco de raíz (PSR) y número de plánulas normales (NPN). La fórmula 00-00-Nitrofoska se observa que es estaddísticamente superior con la variable de germinación (GER). La fórmula 00- 00-Urea foliar + Folim se puede observar que obtuvo los valores más altos en las variables peso húmedo del resto de la semilla (PHS) y peso de cincuenta semillas (P50S).

La fórmula de fertilización 80-30-Nitrofoska superó a las demás fórmulas en las fórmulas en la variable peso seco de resto de la semilla (PSS). El mayor número de plántulas anormales se obtuvo para la fórmula 120-90-Urea folia + Folim. En la prueba de envejecimiento acelerado (E.A) se encontró que la fórmula 80-30-Nitrofoska, en las variables de germinación (GV) y número de plántulas normales (NPNV) se obtuvieron los valores más altos; así también ésta fórmula junto con 80-00-00, 00-00-Urea foliar + Folim y 120-90-Nitofoska son las que presentaron un mayor número de plantas con anormalidades.

Cuadro 2. Comparaciónn de medias entre las variables estudiadas, obtenidas por tamañoo de semilla de haba.

VARIABLE	GRANDE	PEQUEÑA	DMS
LR (cm)	9.91b	11.67a	0.72
LA (cm)	6.91b	10.37a	2.07
PHR (g)	0.85a	0.81a	0.05
PHA (g)	0.80b	0.98a	0.09
PHS (g)	3.74a	2.59b	0.12
PSR (g)	0.06a	0.06a	0.00
PSA (g)	0.06b	0.07b	0.00
PSS (g)	1.40a	0.90b	0.04
GER (%)	72.02a	74.32a	4.15
NPN (%)	40.67b	45.97a	3.44
NPA (%)	42.69a	38.44b	2.71
P50S (g)	96.05a	63.27b	0.99
GV (%)	31.05a	27.39	4.77
NPNV (%)	12.42a	8.57a	4.45
NAPV (%)	25.90a	23.99a	3.66

Valores con la(s) misma(s) letra(s) dentro de cada linea son estadísticamente iguales. p=0.05 en la prueba de Tukey.

Cuadro 3. Comparación de medias para las variables estudiadas, obenidas por fórmulas de fertilización.

VARIABLE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
LR (cm)	15.86a	10.62bc	9.60bc	10.23bc	10.80bc	8.42c	10.23bc	11.41b	9.98bc
LA (cm)	15.73a	8.24b	8.21b	9.10b	7.27b	6.45b	7.48b	8.32b	6.95b
PHR (g)	1.12a	0.89b	0.68c	0.89b	0.93ab	0.68c	0.79bc	0.67c	0.80bc
PHA (g)	1.41a	0.84b	0.76b	0.98b	0.87b	0.70b	0.85b	0.81b	0.81b
PHS (g)	3.01abc	3.35ab	2.93b	3.36ab	3.39a	3.19abc	3.11abc	2.88c	3.26abc
PSR (g)	0.077ab	0.078a	0.054abc	0.062abc	0.067abc	0.050c	0.067abc	0.050c	0.053bc
PSA (g)	0.10a	0.07b	0.05b	0.060b	0.06b	0.05b	0.06b	0.06b	0.060b
PSS (g)	1.00c	1.21ab	1.05bc	1.18ab	1.22ab	1.23a	1.18ab	1.06bc	1.21ab
GER (%)	66.88bc	78.11ab	63.70c	81.40a	77.93abc	68.67abc	77.56abc	75.14abc	69.21abc
NPN (%)	50.49a	48.89a	42.23ab	42.62ab	42.98ab	38.70ab	45.78ab	42.20ab	35.95b
NPA (%)	29.51a	37.98abc	35.81bc	44.61ab	43.80ab	43.04ab	40.72	43.43ab	46.18a
P50S (g)	77.11d	80.66bc	73.45e	82.0b	88.01a	78.01cd	78.86bcd	79.13bcd	79.75bcd
GV (%)	33.62bc	37.51b	17.27cd	3.84d	36.81b	54.13a	31.72bc	38.03ab	10.04d
NPNV (%)	12.23bc	13.01bc	0.00c	0.00c	16.39ab	2908	8.67bc	13.15bc	1.92bc
NAPV (%)	29.61ab	32.60a	17.27bc	3.84d	30.79	39.92a	28.86ab	32.11a	9.49cd

Valores con la(s) misma(s) letra(s) dentro de cada linea son estadísticamente iguales. p=0.05 en la prueba de Tukey.

Conclusiones

La utilización de diferentes fórmulas y formas de aplicación de fertilizantes, causa diferencias en la longevidad de la semilla y por lo tanto diferencias en los niveles de vigor y germinación. El elevado número de plámtulas anormales indica un envegecimiento y pérdida de vigor de las semillas, asociado a las concentraciones de fertilizantes y al tiempo de almacenamiento. El mejor tratamiento respecto a la germinación después de la prueba de envejecimiento fué la fórmula 80 – 30 – Nitrofoska, representado por las interacciones para los tamaños de semilla. El tratamiento testigo tuvo un comportamiento bueno en la mayoría de las variables. Seguramente las condiciones del suelo favorecieron al tratamiento, ya que se vió afectado con los tratamiento con fertilizaciones, manifestandose comoo un exceso de nutrientes. Las semillas pequeñas transportan más efectivamente las reservas a zonas de crecimiento, mejor que las semillas grandes.

Bibliografía

Delouche, J. C. and C. C. y Baskin. 1973). Accelerated agenigthniques for predicting the relative storabillity of seed lots. Seed Sci. And Technol. 1 (2).

Carvallo, N. M..; I. A. Thomazellispina e E. A. M. F. X. De Camargo. 1980. Relaciones entre e o potencial de armazenamiento das sementes em duas cultivares de soja. Rev. Bras. Sem. 2 (3).

Filho, J. M. y F. Avancine (1983). Tamanho de semente de feijao e desempnho do vejoeiro. Pesq. Agropec. Bras. 18 (9).

Giraldo, Z. M. 1980. Influencia del tamaño de semilla certificada de soya, maíz y frijol, en vigor y germinación. En resúmenes analíticos sobre frijol. CIAT. Vol. V.

Maguire, J. D. 1977. Seed quality and germination. En the physiology and bioqhemistry of seed, dormancy and germination. A. A. Khan (Ed.) New York North-Holland Publishing co.

Matthews, S. 1981. Evolution of techniques for germination and vigor studies. Seed Sci. And technol. 9 (2).

Obrador R., J.1980. Vigor de semilla, se evaluación y sus efectos sobre la productividad de los cultivos.

Perry, d. A. 1980. El concepto del vigor de las semilla y su relevancia con respecto alas técnicas de producción de semillas. En: Hebblethwaite. P. D. Producción moderna de semillas. Vol. II. Ed. Hemisferio Sur. Uruguay.

Seshu, *D. V* . Krishnasamy V. and Siddique, S. B. s/a Seed vigor in rice. Bangladesh Rice Research Institute. Dhaka, Bangladesh.

CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA DE ESTEVIA EN LEPTOSOLES MODIFICADOS DE YUCATÁN

Tun-Dzul, J. C.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Sureste. Campo Experimental Mocochá. Km. 24.5 Antigua carretera Mérida-Motul. Municipio de Mocochá, Yucatán, México.

*Autor responsable: tun.jose@inifap.gob.mx. Calle 27-A No. 201-B x 22. Col. Chuburná de Hidalgo. Mérida, Yuc. C.P. 97205, México. +52 999 9811848

Resumen

La planta de estevia es una alternativa natural que reemplaza al azúcar y a los edulcorantes tradicionalmente conocidos y su cultivo en Yucatán es promisorio. La modificación de los Leptosoles, mediante la trituración de las piedras superficiales permite el uso de maquinaria para realizar diversas labores de cultivo. El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de la práctica de trituración de las piedras superficiales y la aplicación de gallinaza sobre el crecimiento y la producción y distribución de materia seca de estevia en un Leptosol. El experimento se realizó en el S.E. Tizimín, del INIFAP. Se estableció en un Leptosol representativo. Se evaluaron tres dosis de gallinaza (0, 15 y 30 ton ha^{-1}) en un suelo modificado y otro sin modificar. Se utilizó un diseño experimental en parcelas divididas con tres repeticiones. Se estableció la estevia, variedad morita, a una densidad equivalente a 92,500 plantas ha^{-1}, bajo riego. Se evaluó el crecimiento y la producción y distribución de materia seca. Los resultados indican que la modificación mecánica de los Leptosoles en el oriente de Yucatán favoreció el crecimiento y la producción de materia seca del cultivo de estevia; además, la aplicación de 15 ton ha^{-1} de gallinaza incrementó la producción de materia seca total de las plantas de estevia, y de sus componentes (tallo y hoja), cultivadas en los dos tipos de suelo estudiados. La mayor producción de hoja seca (3.3 ton ha^{-1}) se obtuvo en el suelo modificado con la aplicación de 15 ton ha^{-1} de gallinaza.

Palabras Clave: Abono orgánico; leptosol modificado; mecanización

Introducción

La estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) es una planta originaria de la cordillera de Amambay ubicada entre el sur de Brasil y el norte de Paraguay, sin embargo es perfectamente adaptable a las regiones tropicales y subtropicales, en las cuales se pueden encontrar condiciones ideales en altitud, (produce muy bien desde el nivel del mar hasta los 1,500 metros de altura) clima, suelo y situación geográfica para su cultivo con buenos resultados (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1996; Duarte, 2008). La estevia está atrayéndola atención de amplios sectores de la población y la industria como un edulcorante natural que sustituye a los artificiales, debido a que los glucósidos que se extraen de sus hojas secas son de 200 a 300 veces más dulces que la sacarosa.

Esta planta se ha constituido como una alternativa natural que reemplaza al azúcar y a los edulcorantes tradicionalmente conocidos. El principio activo de la estevia es el esteviósido y el rebaudiósido, que son los glucósidos responsables del sabor dulce de la planta. Estas características junto con la creciente demanda de endulzantes naturales, hacen que los esteviósidos se puedan utilizar en las industrias de la panadería, repostera y refresquera (Midmore and Rank, 2002).

La demanda por edulcorantes naturales va en aumento en el mundo debido principalmente a los efectos secundarios que producen los edulcorantes sintéticos. Por ejemplo Japón ya ha sustituido la mitad del consumo de azúcar de caña por azúcar de estevia y en este país están prohibidos los edulcorantes sintéticos desde los años 70. Otros países, sobre todo del primer mundo, van por el mismo camino. La estevia, es por lo tanto, un cultivo innovador y muy rentable, presentando condiciones promisorias del mercado tanto nacional como internacional. El consumo ya sea como hierba o como productos industrializados, derivados de esta especie vegetal, se presenta muy interesante, pues está destinada a sustituir el uso de edulcorantes sintéticos como el Aspartame,

Sacarinas, Ciclamatos, etc, , productos que cada vez son más cuestionados por presentar efectos tóxicos e incluso alguno de ellos cancerígenos a los usuarios que son, en su mayor parte, diabéticos, obesos o simplemente personas dispuestas a mantener o bajar de peso. Asimismo se estima que en un futuro está planta está destinada a reemplazar al azúcar de sacarosa o azúcar de caña por los efectos perjudiciales que tiene a la salud humana (Zubiate, 2007) .

La estevia se produce bien, en suelos franco arenoso o franco arcillosos con pH entre 5.5 y 7.5. En zonas con altas precipitaciones es recomendable que el terreno tenga una ligera pendiente para evitar encharcamientos, también es recomendable establecer curvas de nivel. No son recomendables los suelos salinos. La planta no es muy exigente en macro y micronutrientes. Sin embargo si el suelo es arcilloso o arenoso se recomienda adicionar materia orgánica. La plantación debe contar con tierra de bosque negra o materia orgánica preferentemente: Humus de lombriz, guano de vacuno o caballo, no es recomendable el estiércol de aves por que facilitan la presencia de nemátodos. Con estos productos se efectuarán las enmiendas necesarias, evitándose el uso de fertilizantes sintéticos. Si el suelo presenta acidez marcada se aplicará cal apagada para disminuir la acidez (Zubiate, 2007).

En el oriente de Yucatán se ha realizado la modificación de una importante superficie de suelos pedregosos mediante la trituración de las piedras sueltas en la primera capa de 15 a 20 cm de profundidad, utilizando para ello maquinaria especializada. El acondicionamiento de los suelos pedregosos tiene como objetivo eliminar las piedras superficiales sueltas y formar una cama de siembra que permita el uso de maquinaria para realizar las labores de cultivo con la finalidad de reducir los costos de cultivo. Sin embargo, dicha trituración del suelo, si bien es verdad que permite el uso posterior de maquinaria en las labores de cultivo, origina algunos problemas sobre la productividad de los suelos acentuando algunas deficiencias nutrimentales en cultivos de gramíneas y oleaginosas, principalmente de fósforo, hierro, zinc, magnesio y manganeso.

Considerando las condiciones en las que quedan los suelos después de la trituración de las piedras superficiales, la destrucción de la estructura y la modificación de la textura, es necesario realizar prácticas de conservación de la capa mecanizada y el uso de mejoradores de suelo para propiciar de nuevo el desarrollo de la estructura y aumentar su capacidad de retención de humedad, así como restablecer el equilibrio entre la fase orgánica y la mineral, al mismo tiempo que se mejora su productividad, lo cual puede lograrse mediante el uso de una combinación de abonos orgánicos e inorgánicos. Por lo que el objetivo de este trabajo fue el de evaluar el efecto de la modificación mecánica de los suelos pedregosos y el uso de materia orgánica sobre el crecimiento y la producción y distribución de la materia seca del cultivo de estevia.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Sitio Experimental Tizimín, perteneciente al C.E. Mocochá del CIR Sureste del INIFAP, y se ubica en el Km. 17 de la carretera Tizimín-Colonia de Yucatán, del municipio de Tizimín. El terreno en donde se estableció tiene la clase de suelo (Leptosol) representativo de la región oriente del estado de Yucatán, en el cual se ha realizado el cultivo de pastos durante varios años, debido a que es una zona ganadera.

La preparación del suelo consistió en el chapeo mecánico de la maleza, seguido de un paso de rastra que permitió remover las piedras superficiales en los primeros 15 cm de profundidad. Finalmente, se realizó la trituración de las piedras superficiales, en una de las parcelas grandes, mediante el empleo de maquinaria especializada: un implemento a base de martillos cuya fuente de potencia fue un tractor de 180 HP.

La profundidad del suelo que fue modificado varió entre 10 y 20 cm, lo cual estuvo en función de la profundidad inicial del suelo. En el caso del suelo sin modificar se realizó el chapeo mecánico de la maleza y posteriormente se aplicó herbicida desecante previo a la aplicación de los tratamientos.

Los tratamientos aplicados fueron seis, como resultado de la combinación de dos métodos de preparación del suelo (sin modificar y modificado mecánicamente) y tres niveles de abono orgánico (gallinaza en dosis de 0, 15 y 30 ton ha^{-1}), y se distribuyeron en un diseño experimental en parcelas divididas con tres repeticiones, en el que la parcela grande fue el método de preparación del suelo y la parcela chica fue la dosis de gallinaza. El cultivo indicador fue el de estevia, el cual se obtuvo de la

empresa Estevia Maya, ubicada en Bacalar, Q. Roo. Los plantines se generaron a partir de esquejes de plantas madre, propiedad de la mencionada empresa, y se desarrollaron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, bajo condiciones de invernadero, por un periodo de tiempo de 40 días. Se utilizó el material genético denominado Morita, el cual se recomienda para las condiciones del trópico mexicano y es el principal material cultivado en la región. Los plantines se trasplantaron a la parcela experimental a mediados de febrero del 2012. Las plantas se arreglaron en camas de 1.00 m de ancho separadas por calles de 0.80 m; en cada cama se colocaron cinco hileras de plantas a una distancia de 0.25 cm y una separación entre plantas de 0.30 cm, con lo cual se obtuvo una densidad equivalente a 92,500 plantas por hectárea. Las plantas fueron irrigadas mediante cintas de riego ya que se establecieron en la época de sequía. El manejo agronómico del cultivo se hizo de acuerdo con las recomendaciones que para la región se han desarrollado por el INIFAP, aunque este cultivo no es común en el estado.

El cultivo se desarrollo durante un lapso de tiempo de cuatro meses, al final de los cuales se realizó el corte de la parte aérea y se separaron las hojas de los tallos para realizar las evaluaciones de crecimiento y, posteriormente, ambos órganos se secaron en la estufa para la determinación de la producción de materia seca. Las variables evaluadas fueron altura de la planta, diámetro del tallo y la producción de materia seca en hoja y tallo, para lo cual se evaluaron 10 plantas por unidad experimental. La determinación de materia seca se realizó separando la parte aérea cosechada en tallos y hojas, posteriormente se lavaron y se colocaron en bolsas de papel para su secado, para lo cual se pusieron en una estufa durante 72 horas a una temperatura de 60°C ya que es la temperatura a la cual se recomienda hacer el secado de la hoja para no perder sus propiedades.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan las características físicas y químicas de los dos tipos de suelo evaluados, en el que se puede apreciar que la trituración de las piedras superficiales propició la modificación de la textura original del suelo, haciéndola más gruesa, redujo el valor de las constantes de humedad, aunque se incrementó ligeramente la capacidad de almacenamiento de agua, debido posiblemente al polvo de $CaCO_3$ producto de la trituración. También se incrementó el contenido de materia orgánica debido a que se molió e incorporó toda la vegetación viva y muerta que se tenía sobre el suelo así como las raíces; esto también aumentó el nivel de fertilidad del suelo, lo mismo que la conductividad eléctrica debido a la liberación de cationes y aniones.

La determinación de la estructura del suelo, realizada en condiciones de campo, nos indica que la trituración de las piedras de la capa superficial destruyó la estructura del suelo, dejando sólo una capa de textura gruesa totalmente suelta, por lo que es necesario protegerla de la erosión. Adicionalmente, la aplicación de los tratamientos de gallinaza contribuyó a incrementar la fertilidad del suelo, debido a su alto contenido nitrógeno (2.5%), fósforo (5.3%) y potasio (4.0%).

*Efecto del tipo de suelo***.** En el Cuadro 2 se presenta el efecto del tipo de suelo sobre las variables de crecimiento del cultivo de estevia, y se puede apreciar que la altura fue significativamente mayor (α = 0.05) en las plantas cultivadas en el suelo modificado, mientras que el diámetro del tallo no estuvo influenciado por el tipo de suelo, ya que los valores fueron estadísticamente iguales en los dos suelos evaluados; por lo que la trituración de las piedras superficiales del Leptosol afectó el crecimiento del cultivo, específicamente a la altura de las plantas, la cual es uno de los componentes principales para el rendimiento del producto principal de esta planta.

En cuanto a la producción y distribución de la materia seca, en el Cuadro 3 se puede observar que la trituración de las piedras superficiales propició la mayor producción de materia seca del cultivo de estevia, en los tres componentes evaluados (tallo, hoja y total); sin embargo, estos resultados fueron estadísticamente iguales (α = 0.05), lo cual indica que esta práctica realizada en los Leptosoles del oriente de Yucatán no tienen efecto alguno sobre la producción de materia seca del cultivo de estevia, por lo que se puede cultivar directamente en los suelos pedregosos sin modificarlos mecánicamente.

Cuadro 1. Características físicas y químicas del Leptosol sin modificar y modificado mediante trituración de las piedras superficiales. Tizimín, Yuc. 2012.

Característica	Suelo sin modificar	Suelo modificado
Textura	Franco arcillo limoso	Franco Arenosa
Arena (%)	46	65
Limo (%)	25	16
Arcilla (%)	29	19
Capacidad de Campo (CC)	43.02	38.20
Punto de Marchitamiento Permanente (PMP)	31.16	25.66
Humedad Aprovechable (HA)	11.86	12.54
Densidad aparente (Da) (g cm^{-3})	1.03	1.05
pH	8.3	8.3
Conductividad Eléctrica (CE) (mS/cm)	0.4	0.7
Materia Orgánica (MO) (%)	8.7	12.5
Nitrógeno disponible (mg kg^{-1})	2.8	3.8
Fósforo disponible (mg kg^{-1})	5.1	6.2
Potasio disponible (mg kg^{-1})	507.5	717.5
Capac. de intercambio catiónico (CIC) (me/100 g)	33.9	36.5
Calcio (me L^{-1})	2.66	4.50
Magnesio (me L^{-1})	0.35	1.13
Sodio (me L^{-1})	0.57	0.72
Potasio (me L^{-1})	0.17	0.55
Bicarbonatos (me L^{-1})	1.85	2.50
Cloruros (me L^{-1})	0.55	2.20
Sulfatos (me L^{-1})	1.50	2.40

Cuadro 2. Efecto de la modificación del suelo mediante la trituración de las piedras superficiales sobre las variables de crecimiento del cultivo de estevia. Tizimín, Yuc. 2012.

Tipo de suelo	Altura (cm)	Diám. de tallo (mm)
Sin modificar	37.1 b[1]	7.32 a
Modificado	46.6 a	7.32 a

[1] Medias con la misma letra en una columna son estadísticamente iguales (α = 0.05)

Cuadro 3. Efecto de la modificación del suelo mediante la trituración de las piedras superficiales sobre la producción y distribución de materia seca del cultivo de estevia (ton ha^{-1}). Tizimín, Yuc. 2012.

Tipo de suelo	Tallo	Hoja	Total
Sin modificar	1.6 a[1]	2.4 a	4.0 a
Modificado	1.8 a	2.8 a	4.4 a

[1] Medias con la misma letra en una columna son estadísticamente iguales (α = 0.05)

Efecto de la dosis de gallinaza.

El efecto de la dosis de gallinaza sobre las variables de crecimiento del cultivo de estevia se presenta en el Cuadro 4, en el que se puede observar el efecto que tuvo este factor sobre las variables evaluadas. Se aprecia que la aplicación de las diferentes dosis de gallinaza no tuvo efecto significativo (α = 0.05) sobre el diámetro del tallo de las plantas de estevia. Se observa también que para la variable altura de la planta, la aplicación de gallinaza tuvo un efecto contradictorio, ya que la mayor altura se obtuvo cuando no se aplicó gallinaza y fue estadísticamente igual a la respuesta obtenida con el nivel de 30 ton ha^{-1} y ambas fueron estadísticamente (α = 0.01) mayores a la obtenida con la dosis de 15 t ha^{-1}.

En cuanto a la producción y distribución de la materia seca de la parte aérea de la planta de estevia, en el Cuadro 5 se observar que la mayor producción de materia seca se obtuvo con la dosis de 15 ton ha^{-1} de gallinaza, y fue altamente significativa (α = 0.01) para el tallo y el total y significativa (α = 0.05) para el caso de la hoja, Es importante destacar el hecho de que en todos los tratamientos el rendimiento obtenido se puede considerar alto, ya que el rendimiento total de hoja seca de estevia varía entre 1.5 y 3.0 ton ha^{-1} por año (De Guardia, 2010), distribuida en tres o cuatro cortes.

Efecto de la interacción Tipo de suelo X Dosis de Gallinaza. El efecto de la dosis de gallinaza sobre las variables de crecimiento del cultivo de estevia en función del tipo de suelo se presenta en el Cuadro 6, en el que se puede observar la relación que tuvieron estos dos factores y su efecto sobre las variables evaluadas. Se puede apreciar que en el suelo modificado se tuvo el mayor valor de las dos variables de crecimiento evaluadas. También se observa que en el suelo sin modificar los mayores valores de altura de la planta y diámetro del tallo se obtuvieron con la dosis de 30 ton ha^{-1}; sin embargo, en el caso de la altura fue estadísticamente igual (α = 0.01) al tratamiento sin gallinaza, mientras que para el diámetro del tallo fue estadísticamente diferente a las otras dos dosis (α = 0.01). En el suelo modificado el tratamiento sin gallinaza superó significativamente (α = 0.01) a los tratamientos con gallinaza, y el mejor diámetro de tallo se obtuvo con la dosis de 15 ton ha^{-1} y fue estadísticamente superior (α = 0.01) a los otros dos tratamientos.

Cuadro 4. Efecto de la dosis de gallinaza aplicada al suelo sobre las variables de crecimiento del cultivo de estevia. Tizimín, Yuc. 2012.

Dosis de gallinaza	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)
0 t ha^{-1}	44.8 a[1]	7.2 a
15 t ha^{-1}	38.3 b	7.5 a
30 t ha^{-1}	42.5 a	7.3 a

[1] Medias con la misma letra en una columna son estadísticamente iguales (□ = 0.01)

Cuadro 5. Efecto de la dosis de gallinaza aplicada al suelo sobre la producción y distribución de materia seca del cultivo de estevia (ton ha^{-1}). Tizimín, Yuc. 2012.

Dosis de gallinaza	Tallo	Hoja	Total
0 t ha^{-1}	1.4 b[1]	2.3 b[2]	3.6 b[1]
15 t ha^{-1}	2.1 a	2.8 a	4.9 a
30 t ha^{-1}	1.7 b	2.5 b	4.1 b

[1] Medias con la misma letra en esta columna son estadísticamente iguales (□ = 0.01)
[2] Medias con la misma letra en esta columna son estadísticamente iguales (□ = 0.05)

Cuadro 6. Efecto de la modificación del suelo mediante la trituración de las piedras superficiales y la dosis de gallinaza, sobre las variables de crecimiento del cultivo de estevia. Tizimín, Yuc. 2012.

Tipo de suelo	Dosis de gallinaza	Altura (cm)	Diámetro del tallo (mm)
Sin modificar	0 t ha^{-1}	38.2 a	7.2 b
	15 t ha^{-1}	33.8 b	7.1 b
	30 t ha^{-1}	39.4 a	7.6 a
	0 t ha^{-1}	51.4 a	7.2 b
Modificado	15 t ha^{-1}	42.9 b	7.8 a
	30 t ha^{-1}	45.6 b	7.0 b

[1] Medias con la misma letra en una columna son estadísticamente iguales (□ = 0.01)

En cuanto a la producción y distribución de la materia seca, en el Cuadro 7 se puede observar que los mayores valores de producción de materia (tallo, hoja y total) se obtuvieron en el suelo modificado. También se puede apreciar que en el suelo sin modificar, la producción de materia seca en los diversos órganos de la planta y en el total se incrementó al aumentar la dosis de gallinaza y que la mejor dosis fue la de 30 ton ha^{-1}. Se tuvieron diferencias altamente significativas (α = 0.01) para el caso de la hoja y el total, pero no para el tallo. En el suelo modificado se tuvo efecto altamente significativo (α = 0.01) de la aplicación de gallinaza sobre la producción de materia seca del tallo, la

hoja y el total, siendo mejor la dosis de 15 ton ha^{-1}. La mayor producción de tallo (2.7 ton ha^{-1}), hoja seca (3.3 ton ha^{-1}) y total (5.9 ton ha^{-1}) se obtuvo en el suelo modificado con la aplicación de 15 ton ha^{-1} de gallinaza. Es muy importante destacar el hecho de que el mejor tratamiento es alto para el primer corte de este cultivo, ya que superó el rendimiento anual medio reportado que oscila entre 1.5 y 3.0 ton ha^{-1} (De Guardia, 2010), e incluso para los mejores reportes de rendimiento que indican que es posible obtener 7.0 ton ha-1 de hoja seca (Zubiate, 2007).

Cuadro 7. Efecto de la modificación del suelo mediante la trituración de las piedras superficiales y la dosis de gallinaza, sobre la producción y distribución de materia seca del cultivo de estevia (ton ha^{-1}). Tizimín, Yuc. 2012.

Tipo de suelo	Dosis de gallinaza	Tallo	Hoja	Total
Sin modificar	0 ton ha^{-1}	1.4 a	2.2 b	3.6 b
	15 ton ha^{-1}	1.6 a	2.2 b	3.9 b
	30 ton ha^{-1}	1.9 a	2.6 a	4.5 a
Modificado	0 ton ha^{-1}	1.3 b	2.2 b	3.5 b
	15 ton ha^{-1}	2.7 a	3.3 a	5.9 a
	30 ton ha^{-1}	1.4 b	2.3 b	3.7 b

[1] Medias con la misma letra en una columna son estadísticamente iguales (α = 0.01)

Conclusiones

La modificación mecánica de los Leptosoles en el oriente de Yucatán favoreció el crecimiento y la producción de materia seca del cultivo de estevia.

La aplicación de 15 ton ha^{-1} de gallinaza propició el incremento de la producción de materia seca total y de sus componentes (tallo y hoja) de las plantas de estevia cultivadas en los dos tipos de suelo estudiados.

La mayor producción de hoja seca de estevia se obtuvo en el suelo modificado con la aplicación de 15 ton ha^{-1} de gallinaza.

Agradecimientos

El autor agradece al Programa Trópico Húmedo el financiamiento del proyecto “Estudio físico y químico de los suelos pedregosos modificados, mediante trituración de la roca superficial, y su efecto sobre la productividad del cultivo de maíz”, cuyos resultados son motivo de este documento.

Bibliografía

De Guardia de P., José. 2010. La Stevia (ka’a he’ê). Enciclopedia on line de la provincia de Salta, Argentina. http://www.portaldesalta.gov.ar/economia/estevia.htm

Duarte, R. C. 2008. Análisis de la producción del Ka’a he’ë. Agencia Financiera de Desarrollo (AFD). Asunción, Paraguay.

Midmore D., J. y H. Rank A. 2002. A new rural industry – Stevia- to replace imported chemical sweeteners. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. RIRDC Web Publication No. W02/022. Australia.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1996. Producción de Ka´a He´e. Tercera edición. República de Paraguay. Asunción, Paraguay. 35 p.

Zubiate R., F. 2007. Manual del cultivo de La Stevia (Yerba dulce). Universidad La Molina. Perú. http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/manual-cultivo-stevia-yerba-t1337/078-p0.htm. Consultado el 10 de octubre del 2011.

EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL: CONCEPTUALIZACIÓN

Covarrubias-Ramírez, J. M.[1*]; Sánchez-García, P.[2]; Peña-Cabriales, J. J.[3]; Parga-Torres, V. M.[1] y Sánchez-Chaparro, J. D.[1]

[1]CE Saltillo-INIFAP. Saltillo, Coahuila. México.
[2]Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.
[3] Departamento de biotecnología. CINESTAV-IPN, Irapuato, Guanajuato, México.

*Autor responsable: covarrubias.juan@inifap.gob.mx; Carretera Saltillo-Zacatecas Km 342+119 Núm. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. CP 25315; Tel. +52(844)-439-1901

Resumen

El desconocimiento y la falta de educación en la tecnología de fertilizantes provocan que se apliquen grandes cantidades de estos, lo que ocasiona contaminación, el deterioro del medio ambiente y afecta la sustentabilidad. Se evaluó la metodología de extracción y Eficiencia de Recuperación (ER) de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) e hierro (Fe), los tres primeros en papa y el último en maíz. Para N y K, se evaluaron tres fertilizantes de lenta liberación y una fuente tradicional (Trad) y se logró hasta 31.5 % ERN y hasta 29.1 % ERK; para P se evaluó un fertilizante Trad asociado con *Bacillus subtilis* y con esta asociación se obtuvo una ERP hasta 17.2 %; para Fe se evaluó una composta de heno de mota (*Tillandsia recurvata* L) con una concentración de 4,420 mg kg^{-1}, como una buena fuente para aportar este elemento y sólo se logró una ERFe de 0.29%, la composta con una alta concentración de Fe demostró que el nutrimento no fue aprovechado por el cultivo. La extracción nutrimental es un conocimiento que debe realizarse antes de evaluar comercialmente una fuente nutrimental, porque se menciona que la ER es mayor y esto sólo se demuestra con la evaluación agronómica y que personal con preparación de calidad realice estas evaluaciones, además es un conocimiento para elevar la calidad de la educación.

Palabras clave: Fuentes nutrimentales; eficiencia; educación

Introducción

En el XXXVI Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, el Dr. Armando Tasistro, Director de México y América Central del International Plant Nutrition Institute, presentó la ponencia “Sustentabilidad y Eficiencia en el Uso de Nutrimentos” donde señala que la productividad en todo sistema de producción depende de la adopción de las nuevas tecnologías y estás a su vez al nivel educativo de quien las adopta, además de integrar a la comunidad productiva a estas tecnologías para disminuir la pobreza, porque el hambre es una cuestión de mala distribución y desigualdad, no sólo de falta de comida y en el caso de fuentes nutrimentales predominan los desbalances por un desconocimiento en la extracción.

En el XXXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, el Dr. Roberto Núñez Escobar, Maestro Emérito del Colegio de Postgraduados y considerado como el decano de la fertilidad de suelo y por su trato como el caballero de la fertilidad de suelos en México, recibió un reconocimiento y al mismo tiempo hacía ver la falta de conocimiento en la tecnología de los fertilizantes porque se seguían aplicando elevadas cantidades sin considerar la eficiencia de recuperación del fertilizante por las plantas cultivadas.

El concepto de extracción se utiliza para incrementar la eficiencia en el uso de fertilizantes, en este caso las fuentes nutrimentales, por eso se denomina extracción nutrimental. El objetivo de utilizar cualquier producto que aporte nutrimentos como fertilizantes, proteínas, aminoácidos, carboxilatos, humatos, huminas, fulvatos, compostas, vermicompostas, biofertilizantes, etc.,es evaluarlo como fuente nutrimental, por eso se determina la extracción de los 17 elementos esenciales: oxigeno,

carbono, hidrogeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cloro, hierro, boro, manganeso, zinc, cobre, níquel y molibdeno; los siete elementos benéficos como sodio, silicio, cobalto, aluminio, selenio, iodo y vanadio (Alcántar y Trejo-Téllez, 2007). Aunque también hay que considerar a los tóxicos como plomo, cadmio, arsénico, etc., con estudios para evitar toxicidad de las fuentes y que pasen a los alimentos que se producen y puedan llegar al ser humano.

El concepto de extracción nutrimental no es conocido por algunos investigadores y menos por los que no son del área. Este concepto se confunde con el diagnóstico nutrimental, que es el muestreo de una parte vegetativa del cultivo en la etapa cuando la concentración en el cultivo está en equilibrio, por ejemplo el pecíolo más folíolo en papa y las hojas completas en manzano (Covarrubias, 2003). El diagnóstico nutrimental se utiliza para suministrar el nutrimento deficiente durante el desarrollo del cultivo.

En la extracción nutrimental se considera la biomasa total del cultivo incluyendo hojas, tallo, grano y raíz de la planta; para después mediante secado obtener la materia seca a quien se le determina la concentración nutrimental y se estima la extracción del elemento (Covarrubias *et al*., 2005). La extracción nutrimental se utiliza para determinar científicamente cuanto nutrimento es el que absorbe el cultivo durante su ciclo de desarrollo y no se determina en la madurez fisiológica, sino en una etapa antes porque el cultivo ya ha perdido las hojas inferiores y su contabilización no es adecuada (Covarrubias *et al*., 2004).

El objetivo del presente trabajo es mostrar la metodología de extracción y su aplicación en la evaluación de fuentes nutrimentales.

Materiales y Métodos

Se explica la metodología de extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio e Hierro:

Nitrógeno

Para el caso del cultivo de papa, se obtienen las muestras de materia seca (MS) en cada una de las partes de la planta de papa, siendo éstas: hojas, que comprende los folíolos y el pecíolo; el tallo, que es la parte aérea de planta sin las hojas hasta el borde de las raíces adventicias; la raíz, formada por las raíces adventicias, las raíces verdaderas y los estolones y el tubérculo. En cada parte de la planta se determinó la concentración de N total por el método Kjeldhal para obtener la extracción de N total por planta (ExtNtot), que se conoce como demanda o extracción y se calcula de la siguiente manera:

$$ExtNtot = MS\ total\ de\ la\ planta \quad x \quad \frac{\%\ N\ tot\ en\ la\ planta}{100} \quad en\ mg\ pta^{-1}$$

La extracción de N por el suministro del suelo se conoce como extracción de N edáfico (ExtNEdaf) y por el método de la diferencia es igual a la ExtNtot del testigo. La eficiencia en la recuperación de N por el método de la diferencia (ERNdif) es medida como ExtN total en la planta con fertilización menos ExtN total en la planta sin fertilización entre la cantidad de N fertilizante aplicado (Errebhi *et al.*, 1998).

$$ERNdif = \frac{ExtN\ total\ fertilizado \quad - \quad ExtN\ total\ \sin\ fertilizar}{N\ aplicado}$$

Fósforo

La cantidad de P total absorbida en el cultivo de papa fue entre 25 y 100 días después de emergencia (dde) se obtuvo a partir del rendimiento de MS y el porcentaje de P total en el cultivo (P total), y se determinó de la siguiente manera:

$$ExtPtotal = MS\ total\ en\ la\ planta \quad x \quad \frac{\%\ P\ en\ la\ planta}{100} \quad en\ mg\ pta^{-1}$$

La eficiencia en recuperación del P es similar al proceso efectuado al nitrógeno, es decir se obtiene de la diferencia entre la extracción del cultivo fertilizado y el cultivo sin fertilizar, entre el P aplicado y el resultado es en porcentaje.

Potasio

La extracción y eficiencia de recuperación del K fertilizante se determinó de las muestras de MS de papa molidas, aquí es necesario deducir el método con que se determinó el elemento, se realizó la digestión con HNO_3 y $HClO_4$ (relación 2:1), una vez obtenido el digestado se transfirió a matraces de 25 mL para obtener la dilución de masa (Dm); en hojas y raíz se utilizó la dilución de volumen 50/3 + 50/2, y en tallos y tubérculo la dilución 50/3 + 50/2 + 25/5, con esto se indica que la concentración de K es elevada y como se puede ver este elemento se acumula en mayor cantidad. Las muestras se leyeron en un equipo de espectrometría de absorción atómica (Absorption atomic spectrometer SpectrAA 220, marca Varian) y se obtuvieron valores de K en mg L^{-1}.

El contenido de potasio se estimó con la siguiente fórmula:

$$K(\%) = \frac{(K_{lec} - tes) * Dm * Dv}{10000}$$

Dónde:

K = contenido de potasio en la muestra
K_{lec} = lectura de la muestra en absorción atómica en mg L^{-1}.
tes = lectura del blanco
Dm = dilución de masa en mL g^{-1}.
Dv = dilución de volumen en mL mL^{-1}.

La extracción de K en cada parte de la planta se obtuvo de multiplicar la producción de MS de toda la planta por la concentración de K en la planta de la forma siguiente:

$$ExtK = MS\ total\ en\ la\ planta \quad x \quad \frac{\%\ K\ en\ la\ planta}{100} \quad en\ mg\ pta^{-1}$$

La fórmula para calcular la extracción de K fertilizante es similar a la aplicada para el N y P, sólo cambia el nutrimento. La eficiencia de recuperación de K por el método de la diferencia (ERKdif) se obtuvo de la extracción de K por planta, que es similar a la del N y P por el método de la diferencia es la siguiente:

$$ERKdif = \frac{K\ en\ planta\ con\ fertilizante \ - \ K\ en\ planta\ \text{sin}\ fertilizante}{K\ aplicado}$$

Para el hierro, se evaluó la composta de heno de mota (*Tillandsia recurvata* L), tiene 0.44 % (4,420 mg kg^{-1}), superior al 0.1 % que tienen los estiércoles y está parcialmente mineralizado, es una buena opción como fuente de hierro para la nutrición de plantas de maíz donde se realizó la evaluación en dosis de 0, 1, 2 y 3 t/ha que corresponde a una aplicación de 8.04, 16.07 y 24.11 mg pta^{-1} de Fe y como fuente alternativa el estiércol de caprino que aportó 1.34 mg pta^{-1} de Fe.

Para el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar y el programa SAS ver 9.0 y los tratamiento cambian según el elemento estudiado, el cual se describe en cada uno de sus resultados.

Resultados y Discusión

La extracción nutrimental se considera cuando el nutrimento a traspasado la membrana celular y está absorbido por la planta, por lo cual, este concepto es utilizado para evaluar insumos agrícolas. Los resultados con N en papa (Cuadro 1), al evaluar fertilizantes de lenta liberación (FLL) experimentales (AUK1, AUK2 y AUK3) y se compara con una fuente tradicional (Trad) como el nitrato de amonio.

Cuadro 1. Eficiencia de recuperación de N por el cultivo de papa en un suelo calcáreo.

Fuente	N aplicado	Materia Seca	N Total	Extracción N	E R N
	mg pta^{-1}	mg pta^{-1}	%	mg pta^{-1}	%
Trad-N_1	603	10715 b†	1.97 b	211 cd	27.7 a
Trad-N_2	1146	13849 a	2.56 ab	355 ab	27.1 ab
AUK1-N_1	603	7517 c	2.40 ab	181 cd	22.6abc
AUK1-N_2	1146	9985 b	3.05 a	304 b	22.7abc
AUK2-N_1	603	6435 d	2.25 b	145 d	16.7bc
AUK2-N_2	1146	13335 a	3.04 a	405 a	31.5 a
AUK3-N_1	603	6689 cd	2.62 ab	175 cd	21.7abc
AUK3-N_2	1146	7320 cd	3.08 a	225 c	15.8 c
Tes-N_0	60	5123 e	0.87 c	44 e	

ERN = Eficiencia en Recuperación de N.
† Cifras seguidas por las mismas letras en cada columna, son estadísticamente similares con Tukey ($p \leq 0.05$).

La mayor producción de MS se tiene con Trad-N_2 y AUK2-N_2, mayor concentración de N con los FLL y la extracción mayor corresponde a AUK2-N_2 y sólo esta fuente puede competir con los fertilizantes Trad (Núñez *et al*., 2006), aunque no hay diferencias estadísticas entre tratamientos, el método indica que su utilización para evaluar fuentes nos da estos resultados.

Para el caso de P, se evaluó el fertilizante superfosfato simple (SS) y la bacteria promotora del crecimiento *Bacillus subtilis* (Bs) y la extracción se determinó hasta los 100 días después de emergencia del cultivo en cuatro etapas de desarrollo del cultivo (Covarrubias-Ramírez *et al*., 2005), como se indica en el cuadro 2.

Cuadro 2**.** Extracción y eficiencia de P por plantas de papa.

Etapa fenológica	Extracción de P			Eficiencia Recuperación de P		
	SS	SS+Bs$^{\phi}$	$\bar{X}$	SS	SS+Bs	$\bar{X}$
	------mg P planta^{-1}-----			--------- (%) --------		
Crecimiento vegetativo (CV)	1.36a¶¶ B§§	1.29a C	1.33	3.00a B	2.85a C	2.93
Inicio de tuberización (IT)	2.67a B	3.44a B	3.05	5.89a B	7.58a B	6.73
Crecimiento de tubérculo (CT)	1.97b B	4.37a B	3.17	4.34b B	9.62a B	6.98
Desarrollo de tubérculo (DT)	5.48b A	7.82a A	6.65	12.08b A	17.22a A	14.65
$\bar{X}$	2.87	4.23		6.33	9.32	

$^{\phi}$ SS = Superfosfato de calcio simple; Bs = *BacillusSubtilis*
¶¶ a, b = Literales por renglón denotan significancia entre formas de suministro de P, dentro interacción significativa, ($p \leq 0.05$) de etapas fenológicas con Tukey ($p \leq 0.05$).
§§ A, B, C = Literales por columna denotan significancia entre etapas fenológicas, dentro interacción significativa, ($p \leq 0.05$) de formas de suministro de P con Tukey ($p \leq 0.05$).

La interacción entre formas de suministro de P dentro de etapas fenológicas queda evidenciada por el hecho de que la superioridad del tratamiento SS+Bs, sólo se manifestó en forma significativa en las dos últimas etapas fenológicas, porque al inicio el microorganismo, tiene que iniciar su reconocimiento con el huésped, después su simbiosis y por ultimo su efecto benéfico.

Al comparar la etapas fenológicas dentro de las formas de suministro de P, se observa que con SS el incremento de la eficiencia de recuperación de P sólo fue significativo al pasar de CT a DT; en cambio con SS+Bs, hubo incremento significativo tanto al pasar de CV a IT, como al pasar de CT a

DT, similar a lo obtenido con la extracción de P (Krasilnikoff *et al.,* 2003). Para el K se evaluaron los mismos FLL, pero como fuente tradicional se utilizó el sulfato de potasio (Trad), como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Eficiencia de recuperación de K por el cultivo de papa en un suelo calcáreo.

Fuente	K aplicado	K total	Extracción K	E R K
	mg pta^{-1}	%	mg pta^{-1}	%
Trad-K_1	648	2.49 ab†	267 bc	26.2 ab
Trad-K_2	1293	3.41 a	473 a	29.1 a
AUK1-K_1	648	2.82 ab	212 bcd	17.7 abc
AUK1-K_2	1293	3.01 a	301 b	15.8abc
AUK2-K_1	648	2.81 ab	181 cd	12.9 c
AUK2-K_2	1293	3.25 a	433 a	26.0 ab
AUK3-K_1	648	2.82 ab	189 bcd	14.1 bc
AUK3-K_2	1293	3.52 a	258 bc	12.4 c
Tes-K_0	0	1.90 b	97 d	

ERK = Eficiencia en Recuperación de K
† Cifras seguidas por las mismas letras en cada columna, son estadísticamente similares con Tukey ($p \leq 0.05$).

En la extracción de K, el mayor valor lo presentó el tratamiento Trad-K_2 seguido de AUK2-K_2, que son estadísticamente iguales y superan al testigo en 3.8 y 3.4 veces más, respectivamente, se observa que a mayor dosis mayor extracción. En la ERK, el tratamiento Trad-K_2 presentó el mayor valor con 29 %, que es igual estadísticamente a los tratamientos Trad-$K_{1,}$ AUK2-K_2 y AUK1 en ambas dosis. En el suelo calcáreo, los valores de ERK tienen mayor efecto que de los fertilizantes tradicionales.

Para el Fe la extracción no es mayor de 5 mg pta^{-1} (Cuadro 4),si la cantidad aplicada con la composta es más del doble de los extraído, que se debe determinar la forma en que se encuentra el hierro en el heno de mota que no es asimilable por la planta (Alcántar y Sandoval, 2001).

Cuadro 4. Extracción de hierro en la materia seca de maíz con sustratos orgánicos.

Tratamientos	Fe aplicado	MS	Fe	Extracción Fe	ERFe
	mg pta^{-1}	mg pta^{-1}	%	mg pta^{-1}	%
Compost 1 t ha^{-1}	8.04c	486ab†	0.0084b	4.08a	0.29b
Compost 2 t ha^{-1}	16.07b	319c	0.0087b	2.77b	0.06b
Compost 3 t ha^{-1}	24.11 a	373c	0.011a	4.10a	0.10b
Estiércol Caprino 1 t ha^{-1}	1.34d	538a	0.0078b	4.19a	1.80 a
Testigo	0.01e	331c	0.0054c	1.79bc	

ERFe = Eficiencia en Recuperación de Fe
† Cifras seguidas por las mismas letras en cada columna, son estadísticamente similares con Tukey ($p \leq 0.05$).

La ERFe es menos del 1 %, con lo que se demuestra que el conocimiento de la extracción permite conocer que fuentes con alto contenido nutrimental, no siempre son fuentes con buena absorción para la planta. La extracción involucra toda la planta o cada parte de la planta para sumar el total, para el caso del nitrógeno (Covarrubias-Ramírez, 2005), si sólo se enfoca a la producción comercial, ¿a dónde se va el N?, ¿a las hojas, al tallo, a las raíces, al fruto?, ¿cuánto se lixivia?, ¿cuánto se volatiliza?, ¿cuánto quedó fijado en el suelo?.

Por lo anterior, la extracción nutrimental es un concepto científico sustentable que permite conocer la eficiencia nutrimental de las fuentes y con ello se mitiga el deterioro ambiental, el cambio climático, por el caso específico del N, la producción de N_2O a la atmósfera y la lixiviación de NO_3 a los

acuíferos contaminando el agua. La extracción se confunde con demanda, pero la demanda involucra el rendimiento comercial del cultivo, ya sea como grano o MS, menos el rendimiento del cultivo sin fertilizar y la eficiencia de aprovechamiento del fertilizante utilizado y se utiliza para recomendar dosis de fertilizantes (Salgado y Núñez, 2012), no para evaluar fuentes de nutrimentos.

Toda evaluación de insumos debe concluirse el rendimiento comercial como segunda fase de la evaluación agronómica, pero no que la extracción debe expresarse en kilogramos o toneladas de rendimiento de grano, porque es la primera fase de investigación, que es buscar la respuesta y en este caso la eficiencia de la fuente nutrimental para lograr ER superiores a 60% en N, 25% en P, 40 % en K y 20 % en Fe de referencia, que en las evaluaciones realizadas con estos elementos no se lograron estas ER, con lo cual, se demuestra la importancia de estos estudios para evitar que nos vendan espejitos para conquistarnos como hace 492 años, o que nos vendan “wonder products” para colonizarnos como hace 165 años. La educación ahora globalizada nos permite tener un conocimiento científico expuesto en congresos, para resolver la problemática de hambre, pobreza, deterioro ambiental y sustentabilidad en México.

Conclusiones

La tecnología de extracción nos indica que las fuentes evaluadas no superan los indicadores de eficiencia de recuperación para N, P, K y Fe. Su utilidad permite evaluar fuentes de nutrimentos con precisión, antes que estas fuentes salgan al mercado como una innovación tecnológica.

Con educación de calidad para hacer investigación y apoyada por el método científico, nos ayudará como país a tener mejores resultados en la producción agrícola sustentable.

Bibliografía

Alcántar G., G. y Trejo-Telléz, L. 2007. Nutrición de cultivos. Ed. Mundi Prensa México. S. A. de C. V. México, D. F. 454 p.

Covarrubias-Ramírez., J. M. 2003. Guía para preparar mezclas de fertilizantes en sistemas de fertirrigación. Folleto técnico Num. 6. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Saltillo. Saltillo, Coah. 27 p.

Covarrubias-Ramírez, J. M., R. Núñez E., P. Sánchez G., R. Aveldaño S. y J. J. Peña C. 2004. Fertilizantes de lenta liberación en el cultivo de papa en un suelo calcáreo. *In:* Memorias del XXXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. León, Gto. CD-ROM. Poster.

Covarrubias-Ramírez, J. M. 2005. Fertilizantes de lenta liberación y su evaluación agronómica con técnicas isotópicas en el cultivo de papa. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de México. 172 p.

Covarrubias-Ramírez, J. M., S. Castillo-Aguilar, J. A. Vera-Núñez, R. Núñez-Escobar, P. Sánchez-García, R. Aveldaño-Salazar y J. J. Peña-Cabriales. 2005. Absorción y eficiencia en uso de fósforo en papa cultivar alpha con ^{32}P. Agrociencia 39:127-136. ISSN 14405-3195.

Errebhi, M., C. J. Rosen, F. I. Lauer, M. W. Martin, J. B. Bamberg and D. E. Birong. 1998. Screening of exotic potato germplasm for nitrogen uptake and biomass production. Amer. J. Potato Res. 75:93-100.

Krasilnikoff, G., T. Gahoonia, and N. E. Nielsen. 2003. Variation in phosphorus uptake efficiency by genotypes of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) due to differences in root and root hair length and induced rhizhosphere processes. Plant and Soil 251:83-91.

Núñez-Escobar, R.; J. M. Covarrubias-Ramírez, P. Sánchez G., R. Aveldaño S. y J. J. Peña-Cabriales. 2006. Distribución de nitrógeno en plantas de papa por fertilizantes de lenta liberación. *In*: Memoria del XXXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. CD-ROM. Cd. Victoria, Tamp., México. Poster.

Salgado G., S. y R. Núñez E. 2012. Manejo de fertilizantes químicos y orgánicos. Biblioteca Básica para la Agricultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco. Edo de México. 146 p.

NUTRICIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA DE TOMATE EN INVERNADERO

Piña Ramírez, F. J.[1*]; Soto Parra, J. M.[1]; Yáñez Muñoz, R. M[1]., Flores Plascencia, J. B.[1]; Basurt Sotelo, M[1].; Sánchez Chávez, E[2].; Acevedo Barrera A. A.[3]

[1]**Profesores-Investigadores, FACIATEC-UACH**
[2]**Investigador-Titular, CIAD-UNIDAD DELICIAS**
[3]**Alumna de la Maestría en Ciencias de la Productividad Frutícola FACIATEC UACH**

*Autor responsable: fpinar615@hotmail.com

Resumen

Los consumidores de hortalizas en fresco están demandando productos con menor cantidad de contaminantes químicos que afecten la salud humana. El objetivo del presente estudio fue determinar si la composta y composta solarizada pueden suplir total o parcialmente el uso de fertilizantes inorgánicos sin la disminución en los componentes de producción de tomate hidropónico bajo invernadero. Se utilizó una superficie de 37 m^2, en un invernadero medianamente automatizado con la variedad de tomate 'Brillante' de hábito de crecimiento indeterminado en una estructura Taguchi L25 para generar los tratamientos con 3 factores (composta, composta solarizada y solución nutritiva) y 5 niveles por cada factor resultando en 25 tratamientos, cada tratamiento con seis repeticiones (macetas como unidad experimental). Se logro una producción de 28.2 kg m^2 utilizando 8 ton ha^{-1} de composta, 20 ton ha^{-1} de composta solarizada con una disminución del 33% de la solución nutritiva en el medio de cultivo. Es posible lograr alta producción de tomate bajo invernadero con la combinación de los sustratos orgánicos y fertilizantes inorgánicos. A pesar de que la solución nutritiva tiene una mayor influencia en la producción, el uso de sustratos orgánicos es una opción viable para la disminución de los fertilizantes convencionales.

Palabras clave: Producción, spad, clorofila a, clorofila b, estructura de respuesta, Taguchi L25

Introducción

En los invernaderos donde se producen hortalizas y otros productos para el consumo humano, los productores siguen utilizando grandes cantidades de plaguicidas y fertilizantes sintéticos como en la agricultura tradicional, contaminando los frutos y el medio ambiente con dichos productos. La tendencia en los consumidores es preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial aquellos que son consumidos en fresco. La producción orgánica ha representado una opción para la generación de este tipo de alimentos, ya que es un método agrícola que no utiliza fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Alvajana et al. 2004; Márquez & Cano 2005; Márquez-Hernández et al. 2006). 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 (Schwentesius y Gómez, 2007). El estado de Chihuahua aportó un volumen de producción de tomate para el 2004 de 25,854 ton con rendimiento por ha de 26.7 ton y la superficie dedicada a este cultivo fue de 971 ha para el estado (SIACON, 2004). Se ha reportado que la cantidad de clorofila y el nitrógeno total determinados por los métodos tradicionales en leguminosas, gramíneas, frutales y hortalizas presenta una alta correlación con las unidades SPAD medidas con el detector de clorofila Minolta-501 (Reeves *et al.*, 1993). El contenido de clorofila y la absorción de nitrógeno se han correlacionado con las unidades SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de nitrógeno, etc. (Hiderman *et al*., 1992; Piekielek y Fox, 1992). El objetivo del presente estudio fue determinar si la

composta y composta solarizada puede suplir total o parcialmente el uso de fertilizantes inorgánicos sin la disminución en los componentes de producción de tomate hidropónico bajo invernadero.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, de la Universidad Autónoma de Chihuahua, durante el periodo de julio de 2009 a mayo de 2010. Se utilizó una estructura Taguchi L25 para generar los tratamientos con 3 factores y 5 niveles por cada factor resultando en 25 tratamientos (Cuadros 1), cada tratamiento con seis repeticiones (macetas como unidad experimental); la parcela útil fueron las cuatro macetas centrales, el área de estudio fue de 37 m^2. El análisis de lo datos fue mediante la técnica de superficie de respuesta.

Cuadro 1. Factores y niveles para sustratos de cultivo en tomate hidropónico

	Niveles				
Factores	1	2	3	4	5
Composta ton ha^{-1}	0.0	20.0	40.0	60.0	80.0
Composta solarizada ton ha^{-1}	0.0	20.0	40.0	60.0	80.0
Solución Nutritiva %	100.0	75.0	50.0	25.0	0.0

El material utilizado como sustrato fue arena, cada bolsa pesó 20 kg que tuvo una densidad de 1.5673 g cm3. Para 20 ton ha-1 de composta, se utilizaron 98.2 g maceta-1, para 40 ton ha-1 fueron 196.4 g maceta-1, para 60 ton ha-1 fueron 294.5 g maceta-1 y para 80 ton ha-1 fueron 392.7 g maceta-1.

Se uso una superficie para dicho trabajo de 37 m^2, medianamente automatizado. Se empleó la variedad de tomate 'Brillante' de hábito de crecimiento indeterminado. La siembra de las semillas se realizó el 15 de julio de 2009, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como medio de germinación peat moss. El trasplante, se realizó el 4 de septiembre del 2009, el cual se efectuó en bolsas de polietileno negras de 40 x 40 cm. Las bolsas se llenaron con los sustratos arena, composta sin solarizar y composta solarizada, las cuales se colocaron a una distancia de 30 cm entre plantas y 50 cm entre hilera e hilera y 90 cm en cada calle, espaciada cada dos hileras. La solución nutritiva se aplicó dependiendo la etapa fenológica en la cual se encontraba la planta de tomate. Se preparó la solución nutritiva por cantidades de 600 L de solución. Los fertilizantes utilizados en la preparación de la solución nutritiva fueron nitrato de calcio (N 15.5%, Ca 19.0%), nitrato de potasio (N 12.0%, K 45.0%), ultrasol MAP (N 12.0%, P 61.0%), sulfato de magnesio (Mg 9.82%), solubor (B 20.5%), sulfato de cobre (Cu 25.5%), sulfato ferroso (Fe 20.0%), tradecorp (Mn 13.0%), sulfato de zinc (Zn 36.0%).

El contenido de clorofila a y clorofila b así como el contenido de carotenoides totales fueron además estimados según el procedimiento descrito por Wellburn (1994).

Resultados y Discusión

La superficie de respuesta máxima estimada para la producción se presenta en el Cuadro 2, la producción fluctuó en un 28% desde 22.0 hasta 28.2 kg m^2. Para poder alcanzar una producción de 28.2 kg m^2; es necesario disminuir en un 80% la composta (de 40.0 a 8.0 ton ha^{-1}), 49% la composta solariza (de 40.0 a 20.4 ton ha^{-1}) y aumentar la solución nutritiva en un 35% (de 50.0 a 67.5 %). Esto nos indica que la solución nutritiva es altamente significativa para el aumento en la producción, lo que coincide con Betiol *et al*. (2004), Márquez y Cano (2004) y Heeb *et al.* (2005), quienes encontraron mayor rendimiento en los sistemas con fertilización inorgánica que en el sistema orgánico. Al respecto, Atiyeh *et al*. (2000) señalaron que el uso de más de 20 % de vermicomposta en el sustrato hace disminuir la producción debido a un incremento en la conductividad eléctrica. En el presente trabajo la producción estuvo por encima que la reportada por, Moreno-Resendez *et al*. (2005) determinaron que la producción de tomate en invernadero puede efectuarse en mezclas de vermicomposta y arena como sustrato; ellos encontraron que 12.5 % de vermicomposta en mezclas con 87.5% de arena produjeron el mismo rendimiento ($P \leq 0.05$) que el testigo (arena con solución

nutritiva), con 170 y 173.7 ton ha-1 respectivamente. Si se considera que una producción comercial exitosa de tomate en invernadero es de 200 t ha^{-1} por año como mínimo (Cotter y Gómez, 1981).

Cuadro 2. Superficie de respuesta **máxima**[1] estimada para producción

Producción Kg m^2	Error Estándar	Composta ton ha^{-1}	Composta Solarizada ton ha^{-1}	Solución nutritiva %
	Cuadrado Medio	47.31^{ns}	130.39^{*}	171.48^{**}
22.0	2.097	40.0	40.0	50.0
22.5	2.070	38.7	37.3	53.3
23.0	2.043	37.2	34.6	56.5
23.5	2.010	35.4	31.9	59.4
24.0	1.959	33.0	29.3	62.1
24.6	1.871	30.1	27.0	64.3
25.2	1.731	26.4	24.9	66.0
25.9	1.537	22.1	23.3	67.0
26.6	1.330	17.5	22.1	67.5
27.4	1.210	12.8	21.1	67.6
28.2	1.308	8.0	20.4	67.5
Punto estacionario	18.37			
µ 24.0 CV 26.3 R^2 0.3027	Valores críticos	49.59	97.91	3.24

[1]Análisis de cordillera (Ridge). µ Media general, C.V. Coeficiente de variación, [ns]No significativo (Pr > 0.05), [*]Significativo (0.05 ≤ Pr ≤ 0.01) [**]Significativo (Pr ≤ 0.01).

La superficie de respuesta máxima estimada para unidades spad Cuadro 3, nos dice que aumentó de 33.4 a 49.7 unidades en un 48.8%, asociada con una disminución de la composta en un 68.3 % (de 40.0 a 12.7 ton ha^{-1}), la composta solarizada disminuyo en un 64.0 % (de 40.0 a 14.4 ton ha^{-1}) y el porcentaje de la solución nutritiva bajo en un 35.2 % (de 50.0 a 32.4 %). En el presente trabajo las unidades spad más alta (49.7) se debe al verdor de las hojas, están relacionadas con una disminución de composta, composta solarizada y solución nutritiva.

La superficie de respuesta máxima estimada para clorofila a Cuadro 4, nos indica que aumento de 8.1 a 12.3 µg cm^2, en un 51.9%, asociado con una disminución de composta de 40.0 a 12.7 ton ha^{-1} en un 68.3%, la composta solarizada disminuyo de 40.0 a 12.4 ton ha^{-1} en un 69% y el porcentaje de la solución nutritiva bajo de 50.0 a 37.9 en un 24.2 %.

Para que la clorofila a pueda aumentar hasta 12.3 µg cm^2 es necesario disminuir proporcionalmente la composta, la composta solarizada y la solución nutritiva. Recientemente se ha reportado que la cantidad de clorofila y de nitrógeno total determinados por los métodos tradicionales en leguminosas, gramíneas, frutales y hortalizas presenta una alta correlación con las unidades SPAD medidas con el detector de clorofila Minolta SPAD-501 (Reeves *et al*., 1993).

Cuadro 3. Superficie de respuesta **máxima**[1] estimada para unidades Spad

Unidades Spad	Error Estándar	Composta ton ha^{-1}	Composta Solarizada ton ha^{-1}	Solución nutritiva %
	Cuadrado Medio	140.4^{**}	140.3^{**}	454.6^{**}
33.4	0.610	40.0	40.0	50.0
33.8	0.583	37.0	37.6	51.2
34.4	0.523	33.9	34.8	49.7
35.4	0.449	31.1	32.2	47.7
36.6	0.374	28.4	29.6	45.6
38.0	0.333	25.7	27.0	43.4
39.8	0.372	23.1	24.5	41.2
41.9	0.500	20.5	22.0	39.0
44.3	0.692	17.9	19.4	36.8
46.9	0.928	15.3	16.9	34.6
49.7	1.199	12.7	14.4	32.4
Punto estacionario	**61.70**			
µ 38.8 CV 4.74 R^2 0.8697	Valores críticos	-1653.64	1567.18	437.68

[1]Análisis de cordillera (Ridge). µ Media general, C.V. Coeficiente de variación, [ns]No significativo (Pr > 0.05), [*]Significativo (0.05 ≤ Pr ≤ 0.01) [**]Significativo (Pr ≤ 0.01)

Cuadro 4. Superficie de respuesta **máxima**[1] estimada para clorofila a

Clorofila a µg cm^2	Error Estándar	Composta ton ha^{-1}	Composta Solarizada ton ha^{-1}	Solución nutritiva %
	Cuadrado Medio	125.1**	60.9**	103.3**
8.1	0.341	40.0	40.0	50.0
8.3	0.343	38.2	39.0	54.3
8.4	0.338	35.5	37.2	57.5
8.7	0.287	31.2	32.7	54.6
8.9	0.232	28.1	29.4	51.8
9.3	0.190	25.4	26.4	49.4
9.7	0.187	22.8	23.5	47.0
10.3	0.244	20.2	20.7	44.7
10.9	0.346	17.7	17.9	42.0
11.5	0.475	15.2	15.1	40.0
12.3	0.626	12.7	12.4	37.9
Punto estacionario	**9.58**			
µ 9.44 CV 10.88 R^2 0.8077	Valores críticos	-14.83	59.70	107.06

[1]Análisis de cordillera (Ridge). µ Media general, C.V. Coeficiente de variación, ^{ns}No significativo (Pr > 0.05), *Significativo (0.05 ≤ Pr ≤ 0.01) **Significativo (Pr ≤ 0.01)

La superficie de respuesta maxima[1] estimada para clorofila b (Cuadro 5), nos expresa que aumentó de 4.0 a 6.6 µg cm^2 en un 65%, proporcionalmente aumentaron la composta de 40.0 a 61.8 ton ha^{-1} en un 54.5%, la composta solarizada de 40.0 a 63.8 ton ha^{-1} en un 59.5%, mientras que la solución nutritiva de 50.0 a 79.5% está en un 59%. Para aumentar la clorofila b hasta 6.6 µg cm^2 es necesario el aumento proporcionalmente de la composta, composta solarizada y solución nutritiva, en 21.8 ton ha^{-1}, 28.8 ton ha^{-1} y la solución nutritiva en un porcentaje de 29.5%.

Cuadro 5. Superficie de respuesta **máxima**[1] estimada para clorofila b

Clorofila b µg cm^2	Error Estándar	Composta ton ha^{-1}	Composta Solarizada ton ha^{-1}	Solución nutritiva %
	Cuadrado Medio	4.5**	4.4**	32.7**
4.0	0.212	40.0	40.0	50.0
4.1	0.215	38.7	39.0	54.6
4.2	0.224	39.2	40.0	60.0
4.3	0.223	43.1	44.2	63.5
4.5	0.210	46.1	47.3	66.0
4.7	0.189	48.8	50.2	68.4
5.0	0.162	51.5	53.0	70.7
5.3	0.135	54.1	55.7	73.0
5.7	0.118	56.7	58.5	75.2
6.2	0.128	59.2	61.1	77.4
6.6	0.171	61.8	63.8	79.5
Punto estacionario	**4.47**			
µ 5.0 CV 12.9 R^2 0.7896	Valores críticos	69.76	-9.93	91.3

[1]Análisis de cordillera (Ridge). µ Media general, C.V. Coeficiente de variación, ^{ns}No significativo (Pr > 0.05), *Significativo (0.05 ≤ Pr ≤ 0.01) **Significativo (Pr ≤ 0.01)

La producción aumento en un 28 %, las unidades spad aumentaron en un 48.8 % y la clorofila a aumento en un 51.9 %, con una disminución de la composta, composta solarizada y la solución nutritiva. La clorofila b aumento 65.0 % con un aumento de la composta, composta solarizada y la solución nutritiva, esto nos indica que la producción y la clorofila a y b, están muy relacionada con las unidades spad.

Conclusiones

Se logró obtener un rendimiento de 28.2 kg m^2 utilizando 8 ton ha^{-1} de composta, 20 ton ha^{-1} de composta solarizada con una disminución del 33% de la solución nutritiva, además las unidades spad y la clorofila a aumentaron al disminuir la composta, composta solarizada ambas hasta 14 ton ha^1 y la solución nutritiva disminuyo hasta en un 70%, siendo posible la obtención de altos rendimientos con la utilización moderada de los sustratos orgánicos y baja cantidad de solución nutritiva. La clorofila b aumento al aumentar la composta, composta solarizada y solución nutritiva.

Bibliografía

Alvajana, M. C. R.; Hoppin, J. A.; Kamel, F. (2004) Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. Annu. Rev. Public Health 25: 155-197.

Atiyeh R M, N Arancon, C A Edwards, J D Metzger (2000) Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresource Technol. 75:175-180.

Bettiol W, R Ghini, J A G Haddad, R S Cássio (2004) Organic and conventional tomato cropping systems. Sci. Agric. 61:253-259.

Cotter D, J. Gómez R,E (1981) Cooperative Extension Service. 400 H11. U. New Mexico, USA. 4 p.

Heeb A, B Lundegardh, T Ericsson, G P Savage (2005) Nitrogen form affects yield taste of tomatoes. J. Sci. Food Agric. 85:1405-1414.

Hiderman, J., Makino, A., Kurita, A., Masa, T., Ojima, K. 1992. Changes in the level of chlorophyll and light-harvesting chlorophyll a/b protein of PS II in senescence. Plant Cell Physiol. 53:1209-1214.

Márquez H C, P Cano R (2004) Producción de tomate orgánico bajo invernadero. *In*: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero. C Leal Ch, J A G Garza (eds). 20 y 21 de mayo. Monterrey, NL, Fundación UANL y Facultad de Agronomía, UANL. pp:1-11.

Márquez H C, Cano P (2005) Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Actas Portuguesas de Horticultura 5(1): 219–224.

Márquez–Hernández C, Cano–Ríos P, Chew–Madinaveitia YI, Moreno–Reséndez A, Rodríguez–Dimas N (2006) Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. Revista Chapingo Serie Horticultura 12(2): 183–189.

Moreno-Resendez A, T Zarate, P M T Valdés L (2005) Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. Agric. Téc. (Chile) 65:27-34.

Piekielek, W.P. y R.H. Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict nitrogen requirements for maize. Agron. J. 84: 59-65.

Reeves, W. D., Mask, P. L., Wood, C.W., and Delay, D. P. 1993. Determination of wheat nitrogen status with a handheld chlorophyll meter. Influence of management practices. J. Plant Nutr. 16:7781-7796.

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.

CONSUMO DE AGUA DEL MANZANO (*Malus domestica*) POR EL MÉTODO DEL BALANCE HÍDRICO

Gómez Gómez, J. C.[1]; Covarrubias-Ramírez, J. M.[2*]; Zermeño-González, A.[1]; Briones-Sánchez, G.[1]

[1]Departamento de Riego y Drenaje, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.
[2]CE Saltillo-INIFAP. Saltillo, Coahuila. México.

*Autor responsable: covarrubias.juan@inifap.gob.mx; Carretera Saltillo-ZacatecasKm 342+119 Núm. 9515, Col. Hacienda de Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. CP 25315; Tel. +52(844)-439-1901

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el método del balance hídrico para determinar el consumo de agua de una huerta de manzano (*Malus domestica*) cv. golden vigas y su aplicación en la programación del riego. El estudio se realizó en la localidad de Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México. Para estimar el consumo diario de agua para los árboles de la huerta, se utilizó una sonda de capacitancia tipo (FDR) y los datos de densidad bruta del suelo a diferentes profundidades. El balance se calculó diariamente de las 8:00 del día previo a las 8:00 del día siguiente, utilizando los datos de contenido de agua en el suelo, generados por la sonda FDR cada 1,200 s, a las profundidades de 0.10, 0.20, 0.30, 0.40 y 0.50 m. La información agroclimática en frecuencia y cantidad se obtuvo de la estación La Rosita, en la red de clima del INIFAP. La lámina de riego y las fechas de aplicación fueron obtenidas por el productor cooperante. El balance hídrico indica que los meses de marzo, junio, julio, agosto y septiembre se tuvieron agua en exceso, porque la lámina de riego aplicada más la lámina de lluvia fue mayor que la lámina de agua consumida por los árboles. En abril y mayo los árboles estuvieron en una condición de déficit hídrico. El balance hídrico para todo el ciclo de producción del cultivo (marzo a septiembre) indico un exceso de 160. 4 mm de agua.

Palabras clave: Balance hídrico, sensor FDR, datos climatológicos

Introducción

Para mejorar la eficiencia del agua en la huerta, es necesario evaluar el consumo de agua diario por las superficies de cultivo (evapotranspiración), y así determinar el momento oportuno de riego y la lámina de agua por aplicar (Martínez *et al*., 2007). El consumo de agua por un determinado cultivo se puede evaluar aplicando el método del balance hídrico que es la diferencia entre la cantidad de agua que entra (riego y precipitación) y la cantidad de agua que sale (evapotranspiración y percolación) del perfil del suelo donde se desarrolla la actividad radicular (Leonard and Barnes, 1986; Carrillo *et al*., 2003)

Existen distintos métodos para estimar la humedad del suelo tanto en campo como en laboratorio (Ponizovsky *et al*., 1999., Seyfried y Murdock, 2004) los cuales se clasifican en métodos directos e indirectos. Los directos permiten medir directamente el contenido de agua en el suelo (Florentino, 2006), para ello existe el método gravimétrico (Raj, 2007) y el lisímetro de pesada (Tuñon, 2000). Los indirectos se basan en la medida de alguna propiedad física del suelo que depende del contenido de agua (Florentino, 2006), como el uso de tensiómetros (Raj, 2007), bloques de resistencia, Reflectometría en el dominio del tiempo (Cassel *et al*., 1994) y Reflectometría en el dominio de las frecuencias (Ferre y Topp, 2002).

Castro *et al*, (2008); desarrollaron un trabajo con el objetivo de tener un sistema de riego automatizado en tiempo real para determinar el momento oportuno y cantidad de riego que se le

aplica el cultivo de calabaza. Se implementaron tres estrategias de riego (lisímetro, Reflectometría de Dominio Temporal {TDR} y balance hídrico); concluyeron que la estrategia de TDR presento mayor producción y menor cantidad de agua utilizado. Flores y Ruiz, (1998). Estimaron la humedad del suelo del cultivo de maíz mediante el modelo del balance hídrico; la lámina de agua contenida en el suelo se cuantifico con el método de gravimétrico y los resultados de la humedad disponible observada y estimada promedio para cada año (1985-1988) en estudio, la comparación de las medias de humedad disponible observada índico diferencias no significativas entre ellas. Orozco, (2009). Comparo dos diferentes de programación de riego en una huerta de manzano, en 2008, la programación de riego se hizo mediante un modelo de balance hídrico mientras que en 2007, no se aplicó ningún modelo. Los resultados que obtuvo encontraron ahorros significativos de agua de riego de 45% aplicando el modelo de balance hídrico. El objetivo de este estudio fue evaluar el método del balance hídrico para determinar el consumo de agua de una huerta de Manzano (*Malus domestica*) cv. golden vigas y su aplicación en la programación del riego.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México. La huerta con árboles de la variedad golden vigas, injertados en el patrón MM 111, de 15 años de edad y de 2.5 metros de altura promedio. La plantación es 3.0 m entre árboles y 4.0 m entre hileras. La huerta se localiza en latitud 25º 20’ N, longitud 100º 36’ 48” W y una altura de 2534 msnm. El riego se realiza con goteros a cada metro y de 1.95 LPH. Los riegos se aplican cada tercer día, con 8 h/día (que corresponde a una lámina de agua de 5.2 mm/día) de marzo a septiembre.

El sensor utilizado es la SM1 de Adcon Telemetry con longitud de 0 a 100 cm con una sonda capacitiva FDR (por su significado en ingles de Frequency Domain Reflectometry) que tiene un sensor de humedad del suelo a cada 10 cm. El espectro de influencia del los sensores es en forma de esfera de aproximadamente 10 cm de radio alrededor del tubo. La sonda de humedad del suelo se conecta a una unidad de Telemetría Remota (RTU) A755 addSDI GSM/GPRS de funcionamiento autónomo con batería interna y panel solar. Esta unidad almacena los datos cada 20 minutos y los transmite automáticamente en forma telemétrica a través del sistema GSM/GPRS donde se pueden observar con el software addVANTAGE Pro 6.2. Este software es el encargado del procesamiento, almacenamiento y distribución de la información, la información puede ser consultada fácilmente a través del internet. El software convierte las unidades de frecuencia (SFU) a contenido volumétrico de agua (θ).

El balance de humedad en un determinado volumen de suelo es la diferencia entre la cantidad de agua añadida y la cantidad de agua perdida (Hillel, 1971). Con esta metodología no se considera flujos horizontales y aportaciones de la capa freática, característica de la región donde se evaluó.

El balance hídrico se puede representar con la siguiente relación (Allen *et al*., 2000):

$$L_{i-1} = L_i + P + R - I - ET$$

Donde:

L_{i-1} = lámina de agua (mm) al final del periodo de tiempo en el perfil del suelo,
L_i =lámina de agua (mm) al inicio del periodo,
P =precipitación (mm) registrada durante el periodo de tiempo,
R =riego (mm) registrado en el periodo,
I =lámina de agua infiltrada (mm) fuera del perfil del suelo de referencia,
ET =evapotranspiración (mm) registrada en el periodo.

Despejando ET de la ecuación anterior tenemos:

$$ET = (L_i - L_{i-1}) + P + R - I$$

y definiendo a $L_i - L_{i-1}$ = Consumo de agua del manzano en el suelo = $(\theta_i - \theta_{i-1}) * \rho b * prof.$

Donde:

θ_i es el contenido inicial de agua (g/g) en el perfil del suelo,
θ_{i-1} es el contenido de agua (g/g) al final del periodo de tiempo considerado,
ρb es la densidad bruta en el perfil del suelo (g cm^{-3})
Prof. es as la profundidad del perfil del suelo (mm).

Para ET y P, se utilizó la información de la estación meteorológica "La Rosita" ubicada en la misma huerta disponible en la red de clima del INIFAP, para estimar la evapotranspiración por el método de Penman – Monteith modificado por la FAO. Los cálculos se realizaron con un programa desarrollado en "Mathcad" para obtener la ET diaria durante los 7 meses del estudió

Resultados y Discusión

A principios de marzo (Figura 1), el mayor contenido de agua en el suelo se observó en el perfil superior del suelo (10, 20 y 30 cm). Los mayores cambios del contenido de agua se observaron a 10 cm de profundidad. Esto debido al inicio del programa de riego en el ciclo y a la evaporación directa desde la superficie, ya que los árboles tenían poco desarrollo foliar y poco efecto de sombreo (Arauzo *et al*., 2003) El menor contenido de agua en el suelo se observó a mayor profundidad (40 y 50 cm) con inapreciables fluctuaciones (Mestas, 2011). Porque en esta fecha se inicia el riego y el agua no penetraba todavía a los estratos más profundos.

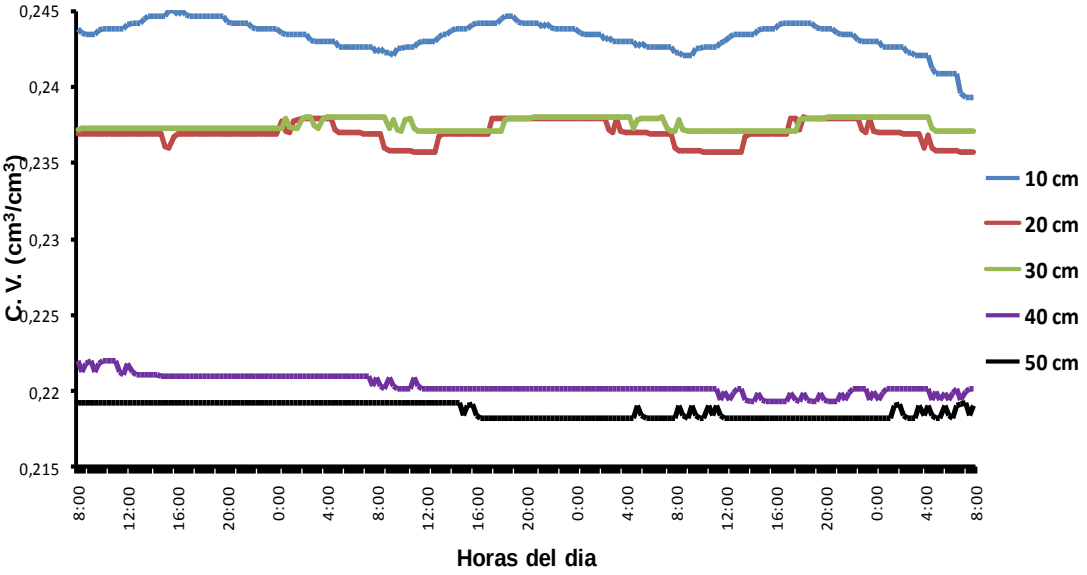


Figura 1. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (C.V) en la zona radicular del cultivo de manzano, observados del 4 a 8 de Marzo, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

En mayo la distribución del agua en el suelo se invirtió con respecto a la distribución observada en marzo (Figura 2); el mayor contenido de agua ocurrió a 40 y 50 cm, pero con cambios poco apreciables en el contenido de agua en el perfíl. Esto fue el resultado de la infiltración del agua a través del perfil del suelo desde la superficie por efecto de los riegos y a la poca actividad de las raíces a esta profundidad, lo que indica que estas raíces tiene la función de sostenimiento y por eso el patrón de extracción es mayor en los primeros 30 cm, por lo cual, las mayores fluctuaciones en el contenido de agua en el suelo se observan en las profundidades de 10 y 20 cm. Esto se debió a una mayor actividad de las raíces de absorción de agua en los árboles de manzano y al efecto de la evaporación directa desde la superficie del suelo (Arauzo *et al*., 2003). En la figura 2 se observa que alrededor de las 17 h del día 21 de mayo, ocurrió un flujo de agua del estrato de 40 cm al de 50 cm, ya que a partir de esa hora, el contenido de agua a 50 cm aumento, mientras que a 40 cm decreció, que indica percolación. En la huerta se estuvo regando a un valor crítico de 0.22 cm^3/cm^3 en el estrato de 0-20 cm de suelo.

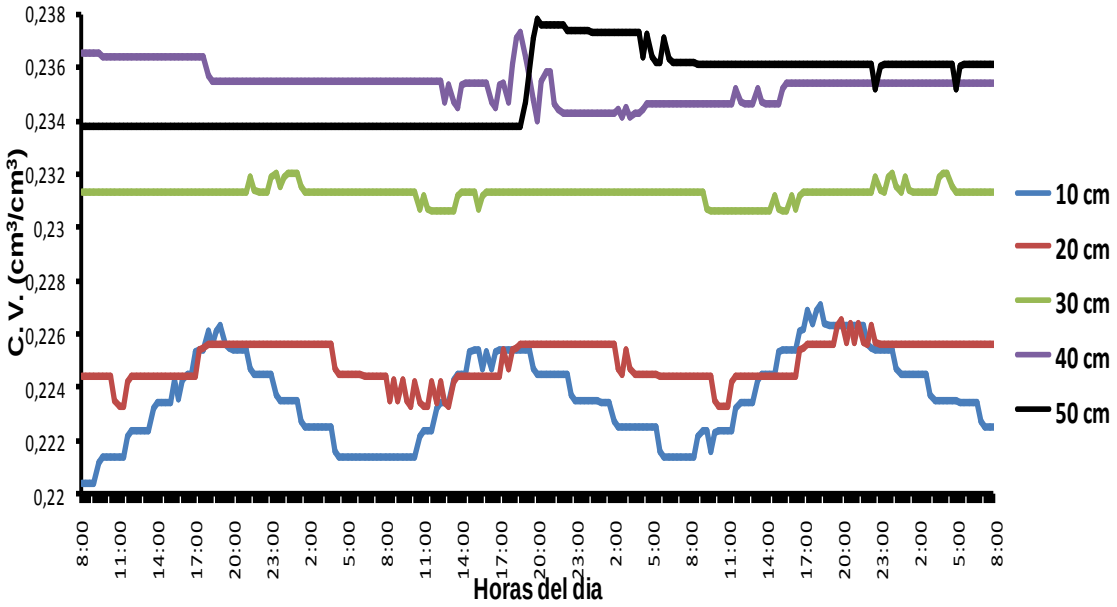


Figura 2. Evolución del contenido volumétrico de agua en el suelo (C.V) en la zona radicular del cultivo de manzano, observados del 20 al 23 de Mayo, Jame, Municipio de Arteaga, Coahuila, México.

En el cuadro 1 se muestran los valores de las láminas de agua por riego de 391 mm, láminas por lluvia de 385 mm, las láminas consumidas en el suelo de 616 mm y la lamina evapotranspirada de 764 mm y un balance de 143 mm, que índica que se aplica más agua de la necesaria en el ciclo de producción del manzano. En marzo, abril y mayo se observa un déficit de agua para los árboles, mientras que en el resto de los meses del ciclo de producción se observa un exceso.

Cuadro 1. Lámina de agua evapotranspirada, de lluvia, aplicada, consumida y el balance hídrico en manzano (cv. golden vigas) de marzo-septiembre de 2012. Jame, municipio de Arteaga, Coahuila, México.

Mes	No de días	ETo (mm)	ETc (mm) ETo*Kc	Riego (mm)	Lluvia (mm)	Lamina consumida (mm)	Balance (mm)
Marzo	16	60	49	32	34	63	*-12*
Abril	30	118	113	68	1	107	*-61*
Mayo	31	134	147	68	24	141	*-37*
Junio	26	105	123	57	49	96	*20*
Julio	21	72	86	47	92	46	*86*
Agosto	31	116	136	65	39	77	*33*
Septiembre	30	101	109	55	146	86	*115*
Total	**185**	**705**	**764**	**391**	**385**	**616**	**143**

En Julio, agosto y septiembre se observó el mayor exceso de agua, que coincide con los meses de mayor precipitación pluvial. Estos resultados también muestran que es posible reducir la lámina de riego aplicada, sin afectar el rendimiento de los árboles de la huerta (Castro *et al*., 2008). En septiembre la tasa de evapotranspiración estimada fue 109.3 mm, la lámina consumida fue 86 mm, y se presentó una lluvia de 146 mm. La lluvia fue mayor que la tasa de ETc y en septiembre no fue necesario regar, pero se aplicó un riego de 54.6 mm. Con el balance hídrico (Cuadro 1), el mejor uso del agua se realizó en marzo y junio, porque se observó un menor exceso o déficit de agua. El mayor déficit de agua se tuvo en abril y mayo, este puede ocasionar un daño en el desarrollo y la producción en los árboles. Estudios previos (Flores y Ruiz, 1998; Echeverría *et al*., 2007) reportan que el método

de balance hídrico, es apropiado para estimar el consumo de agua en los cultivos. Dapena y Fernández, (2006) aplicaron el método del balance hídrico en manzano e indicaron una condición de déficit hídrico. Orozco (2009),reportó un ahorro de hasta 45 % agua al aplicar el método del balance hídrico en una huerta de manzano en Cuauhtémoc, Chihuahua.

Conclusiones

Se demostró que con la aplicación del método del balance hídrico, se puede mejorar la eficiencia del uso del agua de riego en las huertas de manzano. Con el balance hídrico en el ciclo de producción del manzano es posible reducir hasta 143 mm la lámina de riego aplicada sin afectar la productividad de la huerta. La técnica de FDR monitorea rápidamente la humedad del suelo con una precisión de +/- 2% y con el balance de agua con base en sus lecturas se toman decisiones sobre el ¿Cuándo? y ¿Cuánto? regar o en un futuro establecer la lectura crítica ("variable de criterio") para automatizar el sistema de riego de goteo. En los meses de junio, julio agosto y septiembre del ciclo de producción del cultivo se observó un exceso de agua, ya que la suma de la lámina de agua aplicada con la lámina de lluvia fue mayor que la lámina de agua consumida. Mientras que en marzo, abril y mayo se observó un déficit de agua para los árboles de la huerta.

Bibliografía

Allen, R. G., I. A. Walter, R. Elliott, B. Mecham, M. E. Jensen, D. Itenfisu, T. A. Howell, R. Snyder, P. Brown, S. Echings, T. Spfford, M. Hattendorf, R. H. Cuenca, J. L. Wright, and D. L. Martin. 2000. Issues, requirements, and Challenges in selecting and specifying a standardized ET equation. *In*: Proc. 4th Natl. Irrig. Symp. St. Joseph, Mich: ASAE.

Arauzo, M. J. A. Diez y P. Hernaiz. 2003. Estimación de balances hídricos y lixiviación de nitratos en sistemas agrícolas. En: Investigación de la zona no saturada, vol. VI, ZNS 03 (J. Álvarez-Benedi y P. Marinero, eds). Instituto Técnico Agrario de Castilla León, Universidad Europea Miguel de Cervantes. Valladolid, 408 p.

Carrillo, R. J., G. A. Serrano, y S. Martínez. 2003. Balance hídrico y la relación entre agua superficial y subterránea, servicios ambientales. Morelia, México. 22 p.

Cassel, D.K., R. G. Kachanoski, y G. C. Topp. 1994. Practical consideration for using a TDR cable tester. Soil Technology. 7:113-126.

Castro, M. P., F. A. Marín, A. Q. Nolasco, S. Kleisinger, L. T. Chávez, y E. M. Sáenz. 2008. Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. Agric. Téc. en México. (34): 459-470.

Dapena, E., Fernández-Ceballos, A. 2006. Consecuencias de la evolución climática en la producción de manzana en Austrias. Publicaciones (SERIDA). No 197. [en línea] disponible en: http://www.serida.org/ publicacionesdetalle.php?id=2112&anyo=

Echeverría, C., A. Huber, y F. Taberlet. 2007. Estudio comparativo de los componentes del balance hídrico en un bosque nativo y una pradera en el sur de Chile. Bosque. 28: 271-280.

Ferre, P. A., y G. C. Topp. 2002. Time Domain Reflectometry. *In*: Dana, J. H. &Topp, G. C. (Eds), Methods of soil analysis, Part 4-Physical Methods, pp. 434-446. American Society of Agronomy, Madison, WI, USA.

Florentino, A. 2006. Métodos para medir el contenido de agua en el suelo. Bioagro. Venezuela14: 48-70

Flores, E. H., y J. A. Ruiz. 1998. Estimación de la humedad del suelo para maíz de temporal mediante en balance hídrico. TERRA Latinoamericana. 16(3):219-229.

Hillel, D. 1971. Soil and water physical principles and processes. *In*: Kuzlowski, T. T. Ed. Physiological ecology: A series of monographs. Texts and treatises. Academic Press. USA. 288 p.

Leonard, J. L., and F. J. Barnes. 1986. Water balance calculations in southwestern woodlands. The Pinyon-juniper conference. Reno, NV. January 13-16.

Martínez, C. A., P. Romero, J. I. Fernández. 2007. Técnicas de riego deficitario en el cultivo de la vid. Vida rural 444:17-21.

Mestas, V. R. 2011. Régimen hídrico del suelo y evapotranspiración en áreas agrícolas y forestales. Tesis doctoral, Universidad la Coruña. 203 p.

Orozco, A. C. 2009. Determinación del régimen de riego para manzano bajo micro aspersión mediante el uso de estaciones meteorológicas y sondas de capacitancia (FDR). Departamento de Investigación, Desarrollo, Innovación Y transferencia Tecnológica. (2): 56-66.

Ponizovsky, A. S., S. M. Chudinova and A. Pachepsky. 1999. Performance of TDR calibration models as affected by soil texture. Journal of Hydrology 218:35-43.

Raj, G. M., M. L. Rivera, y R. M. Crespo. 2007. Manejo de riego por goteo. Editado General, Mayagüez, Puerto Rico, 107 p.

Seyfried, M. S., M. D. Murdock. 2004. Measurement of soil water content with a 50 Mhz soil dielectric sensor. Soil Sci. Am. J. 68:394-403.

Tuñón, J. 2000. Determinación experimental del balance hídrico del suelo y evaluación de la contaminación asociada a las prácticas agrícolas. Departamento de Ciencias Experimentales, Universitat Jume I, Catellon, Tesis Doctoral. 367 p.

EVALUACIÓN DE FERTILIDAD DE TIERRAS BAJO LA VISIÓN CAMPESINA, EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES, ZINACANTEPEC, MÉXICO

Balderas Plata, M. A.*; Corral García, M.; Gutiérrez Cedillo, J. G.; Morales Martínez, F. H.[1]

[1]Universidad Autónoma del estado de México. Toluca, Estado de México, México.

*Autor responsable: mabalderasp@uaemex.mx; Cerro de Coatepec s/n, Ciudad Universitaria, Toluca, México. México. CP 50110; Tel. (722)-215-0255.

Resumen

La relación entre una sociedad y su medio puede ser entendida como el ambiente que está organizado en términos de las categorías verbales de aquellos que lo usan. La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas, la combinación de la visión campesina con los análisis formales de metodologías expuestas permite un análisis más completo y detallado acerca de las problemáticas que presenta el medio ambiente hoy en día.
La evaluación de fertilidad a través de la clasificación y caracterización de tierras bajo la visión campesina en la comunidad de Raíces, municipio de Zinacantepec, Edo de Méx., permite tener un mayor entendimiento de los requerimientos del campesino al desarrollar su actividad y comprender su visión sobre la fertilidad, así como la manera en que afronta las problemáticas derivadas de su actividad. Para el caso de la comunidad de Raíces fue posible identificar 10 clases de tierras, donde las clases polvilla son en general las que presentan el mayor grado de fertilidad. Y es para ellos, la fertilidad un sinónimo de tierras productivas que generan una alta productividad y de alta calidad.

Palabras clave: Conocimiento campesino, levantamiento de tierras, productividad

Introducción

A partir de la necesidad del hombre por sobrevivir en el medio donde se desenvuelve, modifica su entorno y en algunas ocasiones las consecuencias de ello pueden ser irreparables. Tal es el caso de la comunidad de Raíces, Zinacantepec, México, a medida que la población va creciendo se ve obligada a transformar su entorno de muchas maneras para mejorar su condición de vida, pero estas formas de alteración pueden ser inconvenientes a futuro, por ejemplo el cambio de uso de suelo de forestal a agrícola que se ha visto a través de varios años afecta el equilibrio ecológico de manera que contribuye a la perdida de la biodiversidad, a la disminución de la infiltración y a elevar el escurrimiento superficial del agua, así como a acelerar los procesos de degradación de los suelos; por otro lado, el manejo inadecuado de estas tierras convertidas en agrícolas facilita la perdida de fertilidad de las mismas y como consecuencia, la mala calidad y cantidad de los productos sembrados. La sociedad ha sometido a la naturaleza a una sobreproducción y explotación de sus recursos naturales de manera incontrolada, poniendo, de este modo, en peligro la vida sobre el planeta, y al mismo tiempo, el crecimiento de la población provoca un incremento en la producción de alimentos.

Los fertilizantes, sustancias químicas producidas con el fin de suministrar nutrientes al suelo como sales nitrogenadas, fosfatadas o de potasio, calcio, magnesio y azufre, favorecen las cosechas y aumentan la productividad vegetal. Pero su uso indiscriminado puede llegar a producir contaminación al ambiente y es debido principalmente a la forma de distribución del fertilizante sobre grandes extensiones agrícolas. En caso particular, en la comunidad de Raíces, el manejo excesivo de biosidas ha provocado que el suelo productor de papa este alterado y este contribuyendo a la pérdida importante de las cosechas, observándose en la mala calidad del producto. Por tanto los agricultores han recurrido a introducir una mayor cantidad de agroquímicos lo cual no parece ser funcional y si contribuye a deteriorar la calidad de las tierras. Es por eso que el estudio de fertilidad de las tierras en la comunidad de raíces resulta necesario y puede ser que a través del rescate del conocimiento tradicional campesino y la clasificación de las tierras bajo la visión campesina se pueda contribuir a

mejorar la fertilidad del suelo, de principio conociendo las clases de tierras, el estado actual en el que se encuentran para que en su conjunto se establezcan los problemas de fertilidad a los que se enfrentan.

Por tanto el objetivo de este trabajo fue el evaluar la fertilidad de las tierras bajo la visión campesina en la localidad de Raíces, Zinacantepec, Estado de México, bajo la identificación de variables determinantes para su evaluación y clasificación de las mismas. Además de su representadas en un modelo cartográfico resulta muy atractivo para poder comparar el resultado técnico con la opinión de cada uno de los trabajadores de tierras.

Materiales y Métodos

Se realizó la clasificación campesina de tierras en la comunidad de Raíces, municipio de Zinacantepec en el Estado de México siguiendo el manual para la cartografía de tierras campesinas de Ortiz et al. (1990 en Balderas, 2005). Esta metodología en forma resumida considera: a) selección de informantes, b) recorridos de campo para la caracterización y cartografía de tierras campesinas. Al momento de realizar los recorridos con los informantes seleccionados se buscó obtener información sobre el manejo y la cosmovisión del campesino respecto a los aspectos de fertilidad y los problemas asociados por su manejo.

Con el propósito de tener un criterio técnico sobre la fertilidad de las clases de tierras identificadas, se tomo una muestra compuesta por cada clase de tierra para analizar la fertilidad química de las mismas y poder comparar con la visión campesina

Muestreo: las muestras alteradas compuesta se tomaran aproximadamente de 2kg de suelo de cada clase y se guardarán en bolsas de polietileno para reservar su humedad; éstas fueron empleadas para determinar las características químicas y físicas de cada clase.

Los análisis de laboratorio a las muestras de suelo se efectuaron de acuerdo con los procedimientos de la Norma Oficial Mexicana Nom-021- SEMARNAT-2000 y estos fueron: Textura, Densidad aparente (Da), pH en Agua (1:1), Carbono Orgánico (CO), Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), Materia Orgánica (M.O), Conductividad Eléctrica (CE), Fósforo, Calcio (Ca) Magnesio (Mg), Sodio (Na), Potasio (K) y Nitrógeno Inorgánico.

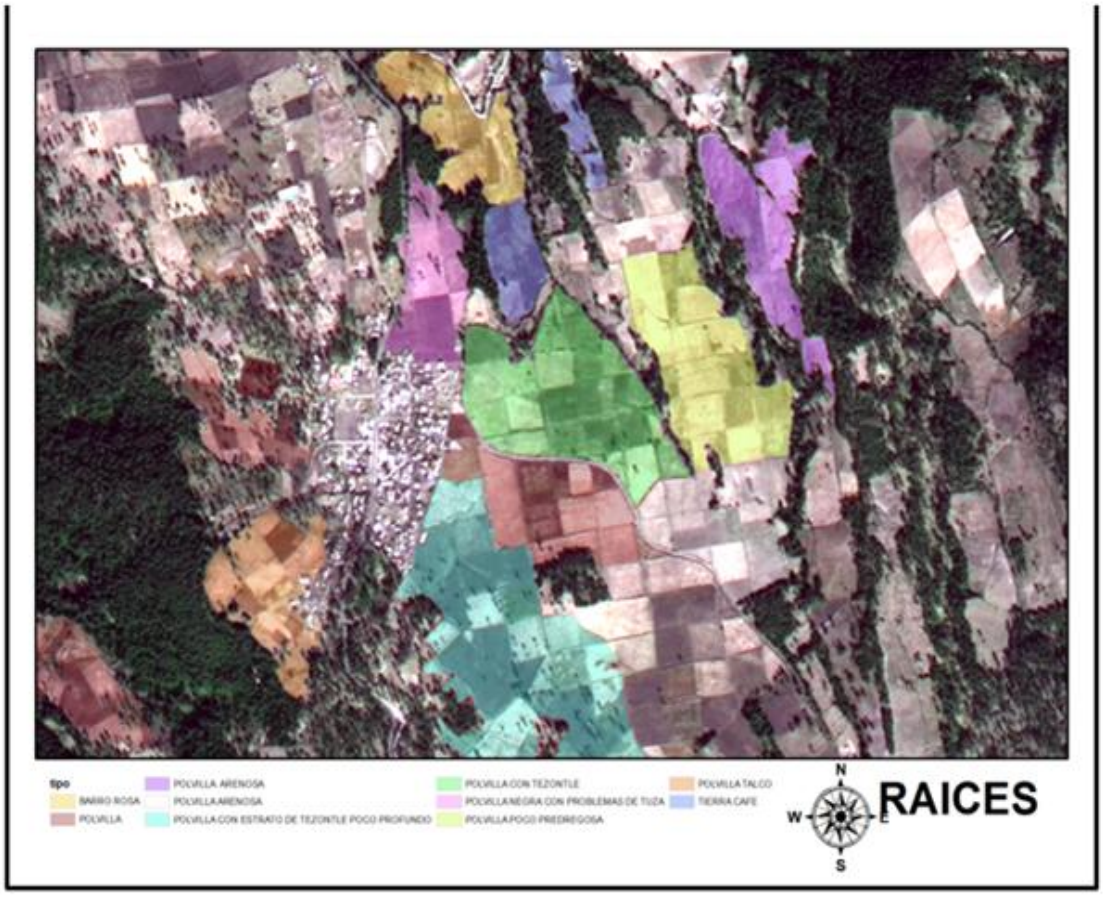
Resultados y Discusión

En la Figura 1 se observa la distribución de las diferentes clases de tierras ubicadas en la comunidad de Raíces, la identificación se llevó a cabo con cada uno de los informantes, destacan varias clases de polvilla, entre ellas destaca la polvilla negra y arenosa, entre otras. En el Cuadro 1 se presentan los criterios de identificación, así como las características descritas por los campesinos de las diferentes clases de tierras.

Son los criterios de color, consistencia en seco y húmedo, así como la presencia de ciertos materiales los principales criterios de diferenciación utilizados por los agricultores para definir las diferentes clases de tierras. Y es la productividad y las características del producto cultivado y cosechado lo que emplean para definir su fertilidad.

Los agricultores de la comunidad de Raíces consideran que la forma en que ellos interpretan la fertilidad de las tierras es a través de la capacidad de las mismas de ser productivas o alcanzar la mayor producción de sus cultivos que se concentran principalmente en la papa o avena. Son las clases de tierra con Polvillla las fértiles, siendo la de mayor fertilidad la Polvilla negra. El caso contrario lo representa la Barro rosa, la cual es considerada como la clase de tierra no apta para la agricultura (Cuadro 1).

Figura 1. Mapa de distribución de las clases de tierra en la comunidad de Raíces



Aún cuando la apreciación de los agricultores está basada en la productividad de las tierras, es claro que cada una de las clases de tierras presenta ciertos rasgos que están relacionados con su composición y manejo que permite tener una mayor productividad y por tanto definirla como de mayor fertilidad, este manejo y conocimiento se ve claramente reflejado en las características, uso y manejo que le dan a cada clase de tierra.

Los pH en las diferentes clases de tierras están clasificados como de moderado a fuertemente ácidos, en términos generales son más ácidos que lo recomendable para los cultivos desarrollados en esta comunidad de Raíces de acuerdo a (CIRENCORFOR, 1989; Ruiz et al., 1999; Roman y Huertado, 2002). Al relacionar la acides presente en la zona y los bajos niveles de los cationes de intercambio (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}) de enorme relevancia para la nutrición de los cultivos, asociado a texturas dominantemente arenosas y bajas densidades aparentes (< 2), es clara la acción de solubilización de los cationes por las condiciones de acidez y mayor porosidad que facilitan una lixiviación de estos.

El mayor porcentaje de arena y en términos generales bajo contenido de MO y baja CIC hacen carecer a los suelos de propiedades coloidales y de reactividad, y por tanto de reservas de nutrientes, lo que por los datos de laboratorio estos suelos pueden llegar a considerarse como de mediana a baja fertilidad, lo cual es también demostrado por el bajo porcentaje de saturación de bases que presentan (Cuadro 2).

Cuadro 1. Criterios de diferenciación y características de las cases de tierra en la localidad de Raíces

LASE DE TIERRA	CRITERIO DE DIFERENCIACIÓN	CARACTERÍSTICAS	USO	RECOMENDACIONES DE USO Y MANEJO	PLAGAS	GRADO DE FERTILIDAD
BARRO ROSA	Color rosa y con puntos blancos que se interpretan como arenas	Es color rosa, presenta humedad y es casi todo el año, blanda y es muy resbaladiza, no sirve para cultivar.	Pastizal de uso ganadero	No es apta para la agricultura sin embargo se encuentra en puntos muy específicos en algunas parcelas	Nulo	Poco fértil ya que tiene el aspecto chicloso y es muy difícil trabajarla cuando esta húmeda
POLVILLA	Color y textura	Es muy blanda, "noble" para trabajarla, con agua se hace lodo muy negro es muy fértil	Agricultura y ganadería.	Es apta para la siembra porque es muy blanda pero en épocas de lluvia es lodosa y se recomienda trabajarla un poco húmeda.	Tizón negro, nemato dorado	Fértil pero es muy polvosa y tiende a hacerse lodo, da frutos de tamaño grande y en cantidades favorables.
POLVILLA ARENOSA	Color, porosidad	Presenta grumos como si fuera arena, es fértil, se trabaja muy bien estando seca o húmeda	Agricultura (avena)	Requiere de más abonos como estiércol, es fértil	Nemato dorado	Es muy fértil ya que su aspecto en estado húmedo y seco es favorable para trabajarla tierra y da muy buenas cosechas.
POLVILLA CON ESTRATO DE TEZONTLE POCO PROFUNDO	El tamaño de la capa de polvilla es muy reducido y la presencia de tezontle amarillento aparece a partir de los 30 cm.	Se localiza cerca del bosque, es fértil pero a poca profundidad no es tan fértil.	Agricultura (papa y avena)	No se puede trabajar a más de 50 cm de profundidad por la capa de tezontle pero es fértil	Gallina ciega	Es medianamente fértil ya que la capa que presenta de tezontle impide el crecimiento del producto y a consecuencia se cosechan frutos de tamaños medios.
POLVILLA CON TEZONTLE	Polvilla con grumos de tezontle amarillento	Es fértil no hay problema con los niveles de humedad, es más dura y se puede apretar fácilmente	Avena y papa	Se recomienda trabajarla días antes de la siembra para que no se apriete y ahogue la semilla	Gallina ciega, nemato dorado	Es fértil ya que cada año se ven los mismos tamaños de los productos y las mismas cantidades.
POLVILLA NEGRA CON PROBLEMAS DE TUZA	Color negro	Es muy fértil pero la presencia de muchas madrigueras de tuza afecta al cultivo porque es devorado por estos animales, es profunda y con humedad es más fácil trabajarla.	Avena y papa	Se recomienda usar estiércol y algún químico que aleje a las tuzas	Tuza blanca y tizón negro	Muy fértil, se observan muy buenas cosechas en cuanto al tamaño del producto, pero la calidad es media ya que la tuza muerde los frutos.
POLVILLA PEDREGOSA	Color negro y piedras que van de los 3cm a los 5 cm de diámetro	Presenta miembros rocosos pero no es en gran cantidad, puede haber problemas de que se apriete mucha la tierra e impida el crecimiento de la planta.	Avena y papa	Se recomiendan fertilizantes para evitar en nemato dorado, el manejo de la yunta	Nemato dorado	Medianamente fértil ya que el tamaño de los frutos no es muy grande a comparación de los cultivos cercanos a la zona boscosa.
POLVILLA TALCO	Color negro y textura tipo talco	Es muy difícil de trabajar cuando está muy seca porque es muy suelta y suele ser muy con viento puede ser molesto, es fértil, es extremadamente blanda.	Avena y papa	Se recomienda trabajarla húmeda y dejar descansar un año el terreno sembrando avena en caso de que fuera papa el cultivo presente.	Nemato dorado, tizón negro, gallina ciega	Muy fértil, produce buenas cosechas en cuanto a calidad y cantidad.
TIERRA CAFÉ	Color café y textura blanda, porosa.	Se localiza más cercana a la zona de bosque es muy blanda, y se trabaja fácilmente si presenta humedad favorece el trabajo. Es muy fértil.	Avena y papa	Se recomienda usarla como abono para platas ya que es muy rica en materia orgánica.	Gallina ciega	Fértil presenta buen tamaño de productos pero la cantidad de ellos no resulta ser muy favorable.
POLVILLA ARENOSA CON PRESENCIA DE CASCAJO AMARILLO	Color negro, con presencia de cascajo amarillo textura granulosa.	Presenta cascajo amarillo en rodales de 1 a 5 cm de diámetro, no hay estrato de cascajo definido, ya que presenta un aspecto de revoltura.	Avena y papa	Se recomienda trabajarla cuando esta húmeda ya que se presta para revolverla y es más blanda.	Tizón negro	Medianamente fértil, en cuestión de cantidad es buena pero la calidad de los productos es media en cuanto a su tamaño.

Cuadro 2. Resultados de los análisis químicos y físicos de las muestras de suelos de las diferentes clases de tierras en la comunidad de Raíces.

Clases de Tierras	pH-agua	Da $g.cm^{-1}$	Textura % arena (1) % limo(2) % arcilla(3)	% MO	C.I.C $Cmol_{(+)}$ Kg^{-1}	Potasio (k) $Mg.Kg^{-1}$	Calcio (Ca) $Mg.Kg^{-1}$	Sodio (Na) $Mg.Kg^{-1}$	Fosforo (P) $Mg.Kg^{-1}$	Magnesio (Mg) $Mg.Kg^{-1}$	Nitrógeno Inorgánico (N) $Mg.Kg^{-1}$	% V	CE. $dS.m^{-1}$
Polvilla poco pedregosa	4.9 fuertemente acido	1.02	1.- 76.4 2.- 19.6 3.- 4.0 Franco arenosa	19.05, Muy alto	17.2 Media	0.46 Medio	3.43 bajo	0.32 salino Normal	6.8 bajo	1.97 medio	37.8 medio	40	2.65
Tierra café	4.6 fuertemente acido	1.04	1.-80.4 2.-13.6 3.-6.0 Areno franca	48.07 Muy alto	26.9 Alta	0.31 Medio	5.38 medio	0.25 salino normal	4.2 medio	1.97 medio	88.2 muy alto	29.4	1.54
Polvilla con estrato de tezontle poco profundo	4.5 Fuertemente acido	1.04	1.- 86.4 2.- 13.6 3.- 0 Areno franca	17.25 Muy alto	13.1 Baja	0.22 Bajo	2.93 bajo	0.25 salino normal	5.5 bajo	1.53 medio	77.7 muy alto	37.6	1.04
Barro rosa	5.3. Moderadamente acido	0.84	1.- 82.0 2.- 0 3.- 18.0 Areno franca	0.11 Muy bajo	39.0 Muy alta	1.06 Alto	2.53 bajo	1.16 salino normal	1.5 bajo	1.40 medio	39.9 medio.	15.77	5.97
Polvilla arenosa	4.4 Fuertemente acido	1.06	1.- 82.4 2.- 11.6 3.- 6.0 Franco arenosa	10.42 Medio	17.3 media	0.32 Medio	2.35 bajo	0.40 salino normal	7.5 bajo	1.91 medio	71.4 muy alto	28.78	1.34
Polvilla con tezontle	5.6 Moderadamente acido	1.13	1.- 83.4 2.- 12.6 3.- 4.0 Areno franca	8.63 Medio.	12.9 Baja	0.25 Bajo	0.82 muy bajo	0.71 salino normal	0.6 bajo	0.95 bajo	277.2 muy alto	21.16	1.41
Polvilla	3.9 Fuertemente acido	0.78	1.- 84.4 2.- 9.6 3.- 6.0 Areno franca	27.39 Muy Alta	24.5 Media	0.15 Bajo	0.98 muy bajo	0.29 salino normal	1.5 bajo	0.97 bajo	35.7 medio	9.75	9.75
Polvilla negra con problemas de tuza.	3.8 Fuertemente acido	0.93	1.- 76.4 2.- 17.6 3.- 6.0 Franco arenosa	2.47 Muy bajo	21.9 Media	0.41 Medio	1.21 muy bajo.	0.27 salino normal	9.2 bajo	0.85 bajo.	170.1 muy alto	12.51	1.34
Polvilla talco	5.2 Moderadamente acido	1.04	1.- 86.4 2.- 9.6 3.- 4.0 Areno franca	9.64 Medio.	17.3 Media	0.16 muy bajo	4.92 bajo.	0.29 salino normal	13.1 bajo	1.93 medio	81.9 muy alto	42.20	2.80
Polvilla arenosa con presencia de cascajo amarillo	5.4 Moderadamente acido	1.04	1.- 86.0 2.- 14.0 3.- 0 Areno franca	0.67 Bajo	10 Baja	0.05 muy bajo	0.45 muy bajo	0.29 salino normal	1.4 bajo	0.62 bajo	33.6 medio	14.1	6.61

El nitrógeno existente en la zona de estudio va de nivel medio a alto esto suele ser uno de los más importantes factores limitantes para que un agro ecosistema pueda alcanzar elevados producciones, si bien los niveles son adecuados no es el único elemento necesario para el desarrollo del cultivo, tal es el caso del contenido de P, que para estos suelos es bajo, Roman y Huerta (2002) consideran que una concentración de P adecuada para el cultivo de la para debería de ser mayor de 28 mg Kg^{-1}. La baja disponibilidad de este es claramente entendida, debido a que en suelos volcánicos la presencia de materiales amorfos son los principales responsables del secuestro del P del suelo, no dejándolo disponible para las plantas y representando un alto costo para los agricultores al tener que hacer fuertes aportaciones de fertilizantes fosfatados para el adecuado desarrollo de los cultivos.

Conclusiones

La visión del campesino respecto a la fertilidad de las tierras no es clara y perfectamente fundamentada con respecto a lo que señala en análisis de los datos obtenidos de laboratorio ya que resultan hasta cierto punto contradictorios. Los campesinos establecen la fertilidad de sus tierras

con base a la productividad y la calidad de los productos cultivados. Son para los agricultores las clases de tierra polvilla las más fértiles y la clase Barro rosa la menos fértil.

Agradecimientos

A la T.L. Elda García Velazco, por todo el apoyo en el trabajo de Laboratorio.

Bibliografía

Balderas Plata, Miguel Ángel, (2005) *Sorción de metales pesados por materiales amorfos en suelos arcillosos de origen volcánico*, Tesis, Doctorado en Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

CIRENCORFOR. (1989) Requerimientos de clima y suelo. CIREN. Nº 89. p 17.

Infoagro Systems, S.L. 2013. El cultivo de la papa.Inforagro.com. http://www.infoagro.com/hortalizas/patata.htm. 2013.

Licona Vargas, Atenógenes, Ortiz Solorio, Carlos Alberto, Gutiérrez Castorena, Ma. del Carmen, Manzo Ramos, Fernando, (2006) "Clasificación Local De Tierras Y Tecnología Del Policultivo Café-Plátano Para Velillo-Sombra en Comunidades Cafetaleras". TERRA Latinoamericana, vol,24, no.1(1-7). México: Universidad Autónoma Chapingo.

Martínez M, J.F y Ortiz Solorio, Carlos Alberto, (1992) "Cartografía Campesina de tierras en Villa Hidalgo, Zacatecas y su comparación con las cartas edafológicas de INEGI" en *Terra*, vol.10 (140-150). México.

Ortiz Solorio, Carlos Alberto, (1999) *Levantamientos Etnoedafologicos*, México, Tesis, Doctorado en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Ortiz Solorio, Carlos Alberto y Gutiérrez Castorena, María Del Carmen. (1999) ""Evaluación Taxonómica de Sistemas Locales de Clasificaciones de tierras", en *Terr Ltinoamericana,* vol. 17. (277-286). México: Universidad Autónoma Chapingo.

Ortiz-Solorio, Carlos. Alberto, Gutiérrez Castorena, Maria del Carmen y Licona-Vargas, Atenógenes, (2005) "Contemporary Influence of IndigenousSoil (Land) Classification in México", en *EurasianSoilScience,* vol. 38 Suppl.1, pp. S89-S94.

Soil Survey Saff, 1998. Key tos oil Taxonomy, eight edition, USADA, Natural Resources Conservation Service, U.S Government Printing Office, Washington, D.C.326.

Toledo, Victor Manuel y Toledo, Carlos (1985), Ecología y autosuficiencia alimentaria, Siglo Veintiuno, México, D.F.

Roman Cortez, Miguel y Guillermo Hurtado. 2002. Guía técnica. Cultivo de la papa. CENTA. San Salvador, El Salvador. 36 p.

Van Reeuwijk, L.P. 1993. Procedures for soilanalysis. Tech. Pap. N°9. 5th ed. ISRIC, Wageningen, Netherlands.

William, Barbara and Ortiz Solorio Carlos Alberto, (1981) "Middle American Folk Soil Taxonomy, Association of American Geographers". USA, vol 71 no 3 (355-358). México: Universidad Autónoma Chapingo.

INTERACCIÓN DE SULFATO, CALCIO Y MAGNESIO EN EL AGUA BAJO DOS TIPOS DE RIEGO EN LECHUGA (Lactuca sativa)

Cepeda Guzmán, A.[1*]; Valdez Aguilar, L. A.[1]; Mendoza Villarreal, R.[1]; Sandoval Rangel, A.[1]; Castillo González, A. M.[2]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.
[2]Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. México.

*Autor responsable: acepeda89@hotmail.com; Calle Gramíneas Núm. 1110, Fracc. Praderas, Saltillo, Coahuila. México. CP 25295; Tel. +52(844)-431-2637

Resumen

La salinidad afecta a un 7% de la superficie terrestre del mundo, ascendiendo a 930 millones de hectáreas. En el norte de México la importancia del agua subterránea se hace evidente debido a que consumen casi un 95% del total requerido del acuífero profundo y somero. El objetivo del estudio fue determinar la tolerancia al calcio (Ca), magnesio (Mg) y sulfatos (SO_4^{2+}) combinados en el agua de riego, iones que frecuentemente se asocian con salinidad en la región norte del país, en lechuga bajo dos tipos de irrigación (riego superficial y subirrigación). La investigación se realizó con una concentración constante de la solución de Hoagland. Los tratamientos evaluados en este trabajo de investigación fueron: T1: Solución de Hoagland, T2: Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136 ppm, T3: Ca-300 ppm, Mg-85 ppm y SO_4^{2+}-240 ppm, T4: Ca-400 ppm, Mg-122 ppm y SO_4^{2+}-320 ppm, T5: Ca-600 ppm, Mg-243 ppm y SO_4^{2+}-640 ppm, T6: Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm. Los tratamientos Ca-240 ppm, Mg-63 ppm, SO_4^{2+}-136 ppm; Ca-300 ppm, Mg-85 ppm, SO_4^{2+}-240 ppm; y Ca-400 ppm, Mg-122 ppm, SO_4^{2+}-320 ppm del sistema de subirrigación, mostraron tener un mayor peso fresco por encima de los irrigados, demostrando así su efectividad.

Palabras clave: Conductividad eléctrica; salinidad; subirrigación

Introducción

La salinización es un factor muy importante en la degradación de los suelos agrícolas (Barkla *et al*., 2007). La salinidad afecta a un 7% de la superficie terrestre en el mundo, ascendiendo a 930 millones de hectáreas (FAO, 2008; Munns & Tester, 2008). En Australia, 2 millones de hectáreas se han convertido en suelos salinos desde hace un siglo, y otros 15 millones de hectáreas están en riesgo de convertirse en los próximos 50 años (National Land and Water Resources Audit, 2011). La salinidad de los suelos es un problema mundial, nacional en México y regional en el centro y norte del país. El problema se agudiza en las zonas áridas y semiáridas con riego (Fernández, 1990; Serrato *et al*., 2000).

En varias regiones del norte del país, ubicadas en la región semiárida, la importancia del agua subterránea se hace evidente debido a que todas las actividades económicas incluyendo la agropecuaria, consumen casi un 95% del total requerido del acuífero profundo y somero (Sarabia *et al*., 2009). El problema de utilizar esta agua en agricultura se produce por acumulación de sales solubles en la zona radical de los cultivos, hasta niveles o concentraciones que causan pérdidas de rendimiento (Báez, 1999). En algunas de estas regiones la salinidad es causada por una excesiva acumulación de iones, principalmente sodio, Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Cloro, Sulfato (SO_4^{2-}), Carbonato y Bicarbonato (Cartmill *et al*., 2007; Grattan y Grieve, 1999), cuando la Conductividad Eléctrica (CE) es de 4 dS /m^{-1} ó más (USDA-ARS, 2008). Por los motivos expuestos se realizó el presente estudio para definir la tolerancia a los niveles de salinidad causada por Ca, Mg y SO_4^{2+} en el agua de riego empleando dos sistemas de riego en el cultivo de lechuga.

Materiales y Métodos

El presente trabajo de investigación se realizó bajo condiciones de invernadero en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuya ubicación se encuentra al sur de la ciudad de Saltillo, Coahuila, en las coordenadas geográficas: 25° 22´ de latitud norte, 101° 00´de longitud oeste del meridiano de Greenwich y a una altitud de 1742 msnm.

Se utilizó plántula de lechuga (*Lactuca sativa*) var. Iceberg. Los tratamientos que se evaluaron en este trabajo fueron: T1: Solución de Hoagland, T2: Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136 ppm, T3: Ca-300 ppm, Mg-85 ppm y SO_4^{2+}-240 ppm, T4: Ca-400 ppm, Mg-122 ppm y SO_4^{2+}-320 ppm, T5: Ca-600 ppm, Mg-243 ppm y SO_4^{2+}-640 ppm, T6: Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm. Se utilizaron dos sistemas de riego: el riego superficial, el cual es aplicar el agua en el contenedor de forma que baje por gravedad, y el riego de subirrigación, que consiste en llenar un depósito donde están dentro los contenedores con sustrato, y que suba el agua por los orificios de los contenedores en movimiento capilar. Se preparó sustrato, para llenar bolsas de vivero de 12 L, en base a un 80% de turba ácida y 20% de perlita y con pH de 6. Los riegos se efectuaron según las necesidades del cultivo, y durante los primeros 12 días se regó con una solución Hoagland al 100%, posteriormente se inició con el primer riego ya con los tratamientos establecidos. Se cosechó la lechuga cuando ya había alcanzado su madurez fisiológica, llevando un tiempo de trasplante a cosecha de 70 días.

Se tomaron datos como fotosíntesis a los 44 días después del trasplante (DDT), peso fresco a los 70 DDT, y para la medición de CE del sustrato, éste se realizó a los 56 DDT, tomando datos a tres niveles diferentes, estrato inferior, medio y superior del contenedor. El estudio se estableció de acuerdo a un experimento factorial con diseño en bloques completos al azar, con 6 tratamientos por cada tipo de riego y 4 repeticiones con unidad experimental de tres plantas.

Resultados y Discusión

El peso fresco de las lechugas fue afectado significativamente por los tratamientos dentro de ambos tipos de riego, pero no se detectó significancia entre sistemas de riego (Figura 1). En el sistema irrigado se muestra una clara diferencia entre el testigo y el tratamiento Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136 ppm en comparación con el resto, siendo las plantas que recibieron el tratamiento Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136 ppm las que mostraron mayor peso fresco, y las que recibieron el tratamiento Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm las de menor peso.

En el sistema de subirrigación se observó una diferencia más marcada entre tratamientos, siendo de igual manera las plantas del tratamiento Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136 ppm las de mayor peso fresco, un 20% superior al testigo, y 58% mayor a las plantas del tratamiento Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm (Figura 1). Estos resultados nos indican que en ambos tipos de irrigación se requiere de concentraciones de Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136 ppm para obtener un mayor peso fresco. El sistema de subirrigación resultó ser una buena opción para que las plantas puedan crecer aún en condiciones de altos niveles de Ca, Mg y SO_4^{2+} ya que aun cuando el agua utilizada contenga niveles de Ca-400 ppm, Mg-122 ppm y SO_4^{2+}-320 ppm, el peso fresco de la lechuga no se ve afectado de manera significativa. La misma tendencia se observó en plantas con riego superficial.

Bermúdez (2004) trabajó con lechuga en un sistema de subirrigación, donde evaluó cintas de exudación de diferentes diámetros y varias líneas de riego, concluyendo que el desarrollo no fue dependiente del agua aplicada, sin embargo, el tratamiento que mostró un mejor peso a cosecha fue el testigo el cual fue riego por goteo, contrastante con los resultados obtenidos en esta investigación. Por otro lado Ahmed *et al*. (2000) mencionan en su investigación que el sistema de subirrigación utiliza 86% menos agua que el riego por aspersión, las plántulas de lechuga del sistema de subirrigación fueron significativamente más altas, sin embargo, la cabeza de las plantas en el sistema de riego superficial tuvieron más hojas y un peso seco más alto, mientras que en esta investigación se observó como el sistema de subirrigación superó al riego superficial en tres de los seis tratamientos (Figura 1).

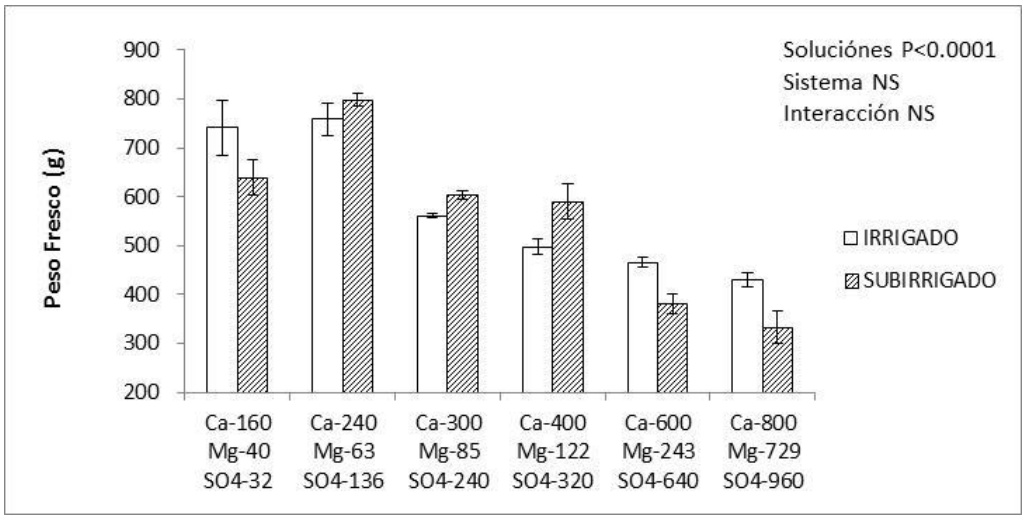


Figura 1. Peso fresco de plantas de lechuga a diferentes concentraciones de Ca, Mg y SO_4^{2+} en la solución nutritiva bajo dos sistemas de riego.

Rouphael *et al*. (2006) menciona que el rendimiento de calabacín fue 13% inferior con la subirrigación que con los sistemas de riego por goteo a una CE en la solución nutritiva de 2 dS m^{-1}, y a una CE de 4.1 dS m^{-1} la producción de calabacín con subirrigación fue inferior en un 36% que con el riego por goteo.

La actividad fotosintética no fue afectada por los tratamientos y los tipos de riego, sin embargo, numéricamente si existe una diferencia entre las plantas subirrigadas con Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136; Ca-300 ppm, Mg-85 ppm y SO_4^{2+}-240 y Ca-600 ppm, Mg-243 ppm y SO_4^{2+}-640 con 24%, 25% y 28% respectivamente, en comparación con las plantas de riego superficial (Figura 2). En plantas con riego superficial la máxima diferencia se observa entre el testigo, 34% mayor a las plantas del tratamiento Ca-600 ppm, Mg-243 ppm y SO_4^{2+}-640 (Figura 2). Se puede observar un mínimo aumento en la actividad fotosintética de las plantas del tratamiento Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136 del sistema de subirrigación en comparación de las plantas testigo, dado a que éstas fueron las plantas con mayor peso fresco registrado dentro de la investigación.

En el sistema de riego superficial se muestra una disminución drástica en la actividad fotosintética de las plantas con el tratamiento Ca-300 ppm, Mg-85 ppm y SO_4^{2+}-240 ppm en comparación con las plantas testigo, posteriormente no se muestra una tendencia clara en los tratamientos con altas concentraciones de sales. Han & Lee (2005) mencionan en su investigación con lechuga que la reducción del crecimiento de las plantas es el resultado de la alteración de muchas actividades fisiológicas de la planta, tales como la actividad fotosintética, absorción de minerales y la actividad antioxidante; en su trabajo de investigación la tasa fotosintética y resistencia estomática fueron significativas bajo estrés salino. Se detectó significación entre tratamientos y tipo de riego en la CE del estrato superior del sustrato, pudiéndose observar que el sistema subirrigado se ve afectado en este estrato por la alta CE en todos los tratamientos (Figura 3), lo cual es por la alta acumulación de sales causada por el movimiento capilar del agua de riego.

En los tratamientos con subirrigación, al elevase el Ca, Mg y SO_4^{2+} en la solución nutritiva, hubo una disminución en la concentración de sales, lo cual pudo reducir la CE en los tratamientos Ca-240 ppm, Mg-63 ppm y SO_4^{2+}-136 ppm y Ca-300 ppm, Mg-85 ppm y SO_4^{2+}-240 ppm (Figura 3). Lo anterior puede deberse a que las plantas aprovecharon más los elementos para producir biomasa. Posteriormente vuelve a aumentar la CE en los tratamientos Ca-400 ppm, Mg-122 ppm y SO_4^{2+}-320 ppm; Ca-600 ppm, Mg-243 ppm y SO_4^{2+}-640 ppm y Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm. En los tratamientos con riego superficial la tendencia es a aumentar la CE del sustrato del estrato

superior conforme aumenta la concentración de sales en la solución nutritiva; dichas concentraciones de sales en el estrato superior son menores en las plantas subirrigadas.

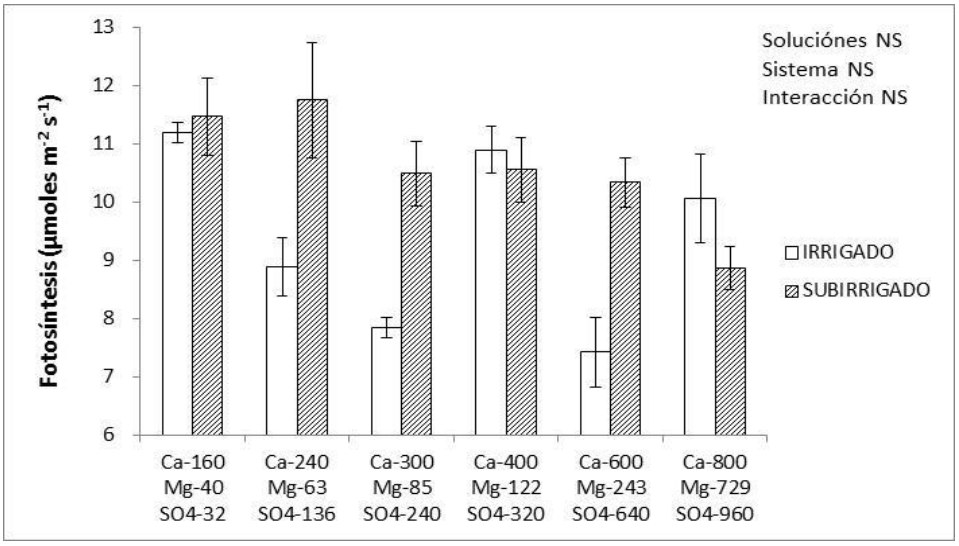


Figura 2. Fotosíntesis de la lechuga a diferentes concentraciones de Ca, Mg y SO_4^{2+} en la solución nutritiva bajo dos sistemas de riego.

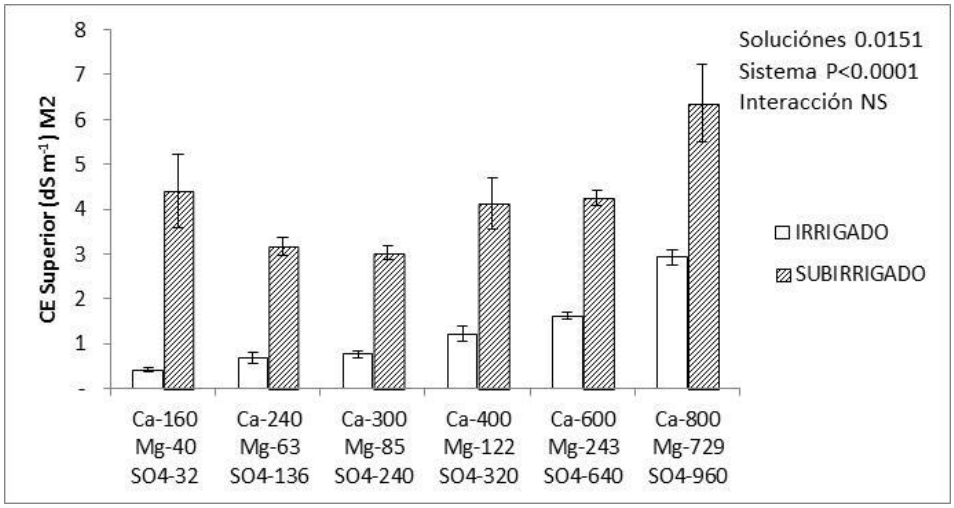


Figura 3. Conductividad eléctrica del estrato superior del sustrato por efecto de diferentes concentraciones de Ca, Mg y SO_4^{2+} en la solución nutritiva bajo dos sistemas de riego.

Los análisis de las muestras de sustrato de los tratamientos del sistema de subirrigación muestran diferencia significativa, observando que en el tratamiento Ca-300 ppm, Mg-85 ppm y SO_4^{2+}-240 ppm tuvieron una CE de 53% menor a la muestra analizada del tratamiento Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm, mientras que en los tratamientos irrigados el sustrato del testigo es 86% menor al Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm. Guttormsen (1969) menciona que el suministro de agua por subirrigación da lugar a una considerable concentración de sales en un período relativamente corto. Esta acumulación se concentra en gran medida en las capas superiores de las macetas. Por otro lado, Douglas (2001) en su investigación con nochebuena menciona que al analizar las muestras superiores del medio de crecimiento, encontró que la CE fue superior a las muestras inferiores en el sistema de subirrigación, aspecto similar ocurrido en esta

investigación. La CE en el estrato medio se vio afectada significativamente en los tratamientos y tipo de riego (Figura 4); los tratamientos con riego superficial fueron los más afectados, siendo el sustrato del tratamiento Ca-600 ppm, Mg-243 ppm y SO_4^{2+}-640 ppm el que resultó con un 50% de mayor CE en comparación con las plantas subirrigadas. En los tratamientos con riego superficial se observa que el testigo tiene una CE 82% más baja que el tratamiento Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm; mientras que en los tratamientos del sistema de subirrigación la diferencia del testigo es de 74% menor al Ca-800 ppm, Mg-729 ppm y SO_4^{2+}-960 ppm (Figura 4).

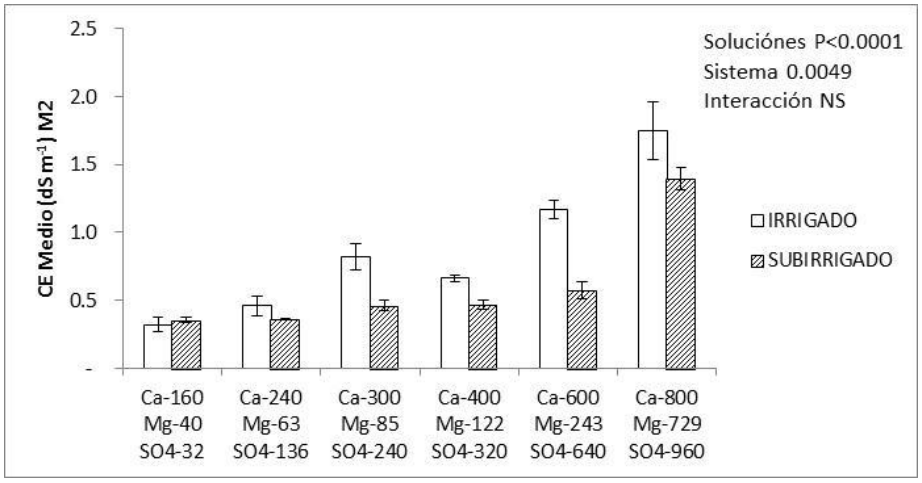


Figura 4. . Conductividad eléctrica del estrato medio del sustrato por efecto de diferentes concentraciones de Ca, Mg y SO_4^{2+} en la solución nutritiva bajo dos sistemas de riego.

Dichos resultados permiten concluir que en el estrato medio del sustrato los tratamientos con sistema de riego superficial concentran mayor cantidad de sales, esto es debido a que en este sistema suelen acumularse más sales en los estratos medio e inferior ya que el agua de riego tiende a bajar, mientras que en el sistema de subirrigación, el agua sube por capilaridad, aumentando la concentración de sales en la parte superior, y bajando la CE conforme baja el nivel de sustrato. De esta forma, las aguas con CE altas no afectan de una forma tan directa las raíces de los cultivos, ya que las sales tienden a moverse a los extremos del bulbo de humedad, y acumulándose en este caso en la parte superior de las macetas gracias al sistema de subirrigación. El estrato inferior fue afectado por la CE entre tratamientos y tipo de riego, pudiéndose observar claramente una tendencia de aumento en la CE similar a la detectada en el estrato medio. Rouphael *et al*. (2006) trabajando con calabacita zucchini en un sistema de riego superficial y de subirrigación a alta CE, menciona que a la mitad y final de su ensayo las plantas cultivadas con el sistema de subirrigación resultaron en una CE mayor en las partes superior e inferior del sustrato en comparación con el sistema de riego superficial, en especial en una CE de 4.1 dS m^{-1}, aspecto contrastante con los resultados obtenidos en esta investigación en el estrato inferior, donde este muestra CE similares al estrato medio, el cual está por debajo del estrato superior que tiene la mayor concentración de sales.

Conclusiones

Se concluye que la CE aumenta en el estrato superior del sustrato en las plantas con sistema de subirrigación debido a la capilaridad del agua, depositando las sales a este nivel, y disminuyendo la concentración conforme baja el nivel del estrato, aspecto similar el que se presenta en los tratamientos de riego superficial.

Los tratamientos Ca-240 ppm, Mg-63 ppm, SO_4-136 ppm; Ca-300 ppm, Mg-85 ppm, SO_4-240 ppm; y Ca-400 ppm, Mg-122 ppm, SO_4-320 ppm aplicados en plantas con sistema de subirrigación, mostraron tener un mayor peso fresco de lechugas por encima de las de riego superficial,

demostrando así que se puede tener mayor rendimiento con el sistema de subirrigación a estas concentraciones de sales en el agua de riego.

Bibliografía

Ahmed A. K., Cresswell G. C., Haigh A. M., 2000. Comparison of sub-irrigation and overhead irrigation of tomato and lettuce seedlings. Journal of Horticultural Science and Biotechnology. Vol. 75. Pp: 350-354.

Báez A., 1999. Efecto de la calidad del agua de riego sobre las propiedades del suelo. INTA Rivadavia 1439, Buenos Aires, Argentina.

Barkla, B. J., Vera-Estrella R., Balderas E., Pantoja O., 2007. Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. Biotecnología, UNAM.

Bermúdez C. D., 2004. Respuesta de la lechuga (Lactuca sativa L.)variedad bergamo a la subirrigación en tres disposiciones de líneas de riego bajo invernadero. Bogotá, Colombia. Corporación Colombiana de investigación Agropecuaria (CORPOICA).

Cartmill A. D., Alarcón A., Valdez-Aguilar L. A., 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi enhance tolerance of Rosa multiflora cv. Burr to bicarbonate in irrigation water. J. Plant Nutr. 30, 1517-1540.

Douglas A. C., 2001. Growth, nutrient content, and growth medium electrical conductivity of Poinsettia irrigated by subirrigation or from overhead. Journal of Plant Nutrition. Vol. 24.

FAO, 2008. FAO Land and Plant Nutrition Management Service. http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush

Fernández G. R., 1990. Algunas experiencias y proposiciones sobre recuperación de suelos con problemas de sales en México. Terra 8: pp. 226-240.

Grattan S. R. and Grieve C. M., 1999. Salinity – mineral nutrient relations in horticultural crops. Scientia Hort. 78: 127-157.

Guttormsen G., 1969. Accumulation of salt in the sub-irrigation of pot plant. Plant and Soil. Vol. 31. Pp: 425-438.

Han H. S. & Lee K. D., 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. Journal of Agriculture and Biological Sciences 1(3): 210-215.

Munns R., Tester M., 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annu. Rev. Plant Biol. 2008. 59: 651-681.

National Land and Water Resources Audit; 2011. http://audit.ea.gov.au

Rouphael Y., Cardarelli M., Rea E., Battistelli A., Colla G., 2006. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions. ELSEVIER. Vol. 82. Pp: 99-117.

Sarabia M. I. F., Cisneros A. R., Aceves de A. J., Durán G. H. M., Castro L. J., 2009. Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de San Luis Potosí, México. Revista internacional de contaminación ambiental.

Serrato S. R., Ortíz A. A., Dimas L. J., Berúmen P. S., 2000. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la comarca Lagunera, México. Terra 20: 329-336.

USDA-ARS. 2008. Research Databases. Bibliography on salt tolerance. George E. Brown, Jr. salinity Lab. US Dep. Agric. Res. Serv., Riverside, California. http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8908

EVALUACION DE FERTILIZACION AL SUELO VS FERTIRRIGACION POR SISTEMA DE GOTEO EN EL CULTIVO DE TRIGO

Gámez Elizalde, M.[1*]; Ortiz Monasterio, R.; I.[2]; Cárdenas, M[2].

[1]**Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON) 1. CD. Obregón, Sonora. México.**
[2] **Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, Internacional (Cimmyt). Ciudad Obregón, Sonora, México.**

*Autor responsable: Marisol.gael@gmail.com; Calle Gardenias Núm. 392, Col. Jardines del Valle, Cd. Obregón, Sonora. México. CP: 85196; Tel. +52(644)-116-2736

Resumen

Las predicciones de los modelos de cambio climático sugieren que en un futuro la disponibilidad de agua en el Valle del Yaqui se va a reducir de forma importante. Por lo tanto es necesario investigar las opciones de riego y fertilización que nos permitan utilizar el agua de una forma más eficiente en el cultivo que cubre la mayor área en el valle que es el trigo. En este trabajo se evaluó la técnica de fertilización al suelo vs fertirrigación por sistema de riego por goteo en dos variedades de trigo variedad Sawali Oro C2008 y variedad Villa Juárez F2009. Se evaluó el rendimiento, los componentes del rendimiento y el índice diferencial normalizado vegetativo (NDVI). Los resultados respecto a NDVI indican que los tratamientos con fertirrigación tuvieron un mayor desarrollo que aquel en donde se suministró el fertilizante al suelo en una sola aplicación. Esto fue más notorio en la variedad Sawali Oro C2008. El rendimiento en general estuvo por debajo de la media de la región, como resultado de la fecha de siembra tardía. La variedad Villa Juárez F2009 presento el mayor rendimiento. Respecto a los tratamientos utilizados, el tratamiento con mejoradores de suelo fue el que dio un mejor resultado aunque estadísticamente hablando los tratamientos con fertirrigación son iguales, esto se debe a que cuando los rendimientos son bajos la demanda de nutrientes es menor y por ende no se logro distinguir un efecto en rendimiento a la aplicación de los mejoradores de suelo.

Palabras clave: Fertirrigación; rendimiento; nutrientes, trigo, riego por goteo

Introducción

El estado de Sonora es considerado como “el granero de México” debido a su destacada participación tanto en la producción, como la investigación de semillas de trigo Por su parte al valle del Yaqui se le conoce como “cuna de la Revolución verde”, pues se considera que ahí es donde surge dicho movimiento. Con ello, el valle se convirtió en una zona agrícola de alta productividad desde la época de los 70s hasta la fecha donde el cultivo de trigo se siembra en aproximadamente el 40% de la superficie del estado (Barrera, 2010); En el 2010 la superficie sembrada con trigo en México fue de 678 554 ha, el 86% en el ciclo otoño- invierno con riego y el 14% en el de prima-verano en temporal. El estado de Sonora fue el principal productor, contribuyendo con el 70% de producción en el país, lo cual es mas de las cuatro quintas partes de la producción nacional, teniendo una producción de 3 676 707 t, con rendimientos medio nacional de 4.1 t ha-1(de la Cruz, 2013).

Según Cadahída (2005), para obtener mejores rendimientos de los cultivos, y por lo tanto una mejora de la producción de alimentos/fibra y de su calidad, debemos utilizar más eficientemente los recursos naturales, como son la tierra, el agua y los nutrientes que podamos extraer de la naturaleza. Potenciando, al mismo tiempo, el estudio de nuevas tecnologías que nos permitan desarrollar cultivos más eficientemente, y que al mismo tiempo, nos permitan obtener productos agrícolas más seguros y de calidad. La forma y cantidad en que se encuentran los nutrientes en el suelo no siempre son las necesarias para la producción deseada, es por esto que se requiere una fuente de nutrientes adicionales y que son los fertilizantes minerales los que pueden proveer en las cantidades, formas y épocas que las plantas requieren para el desarrollo de cada uno de sus

estados fenológicos (Cadahída, 2005). La fertilización constituye uno de los principales factores que limitan la producción agrícola, pues los cultivos absorben solo una fracción del fertilizante aplicado que oscila entre el 10 y 60%, la cual esta influencia entre otras cosas por la fuente, dosis y forma de aplicación del fertilizante (Peña, 2001). La deficiencia en la aplicación de fertilizantes es uno de los factores que ha influido en forma definitiva en los cultivos con baja productividad. Los fertilizantes agrícolas en exceso pueden contaminar los cuerpos de agua superficiales, causando su eutrofización. Algunas sustancias propias de los fertilizantes son toxicas, como es el caso de los nitratos. Asimismo, el uso intensivo de los fertilizantes termina por degradar químicamente al suelo, afectando su fertilidad (SEMARNAT, 2009).

En la actualidad las técnicas de aplicación de fertilizantes han demostrado su versatilidad potencial en lo referente a la capacidad de suministro de nutrientes en momentos de alta demanda por los cultivos. Son la base de los cambios de criterios utilizados en la decisión que involucra “cuándo” y “cuánto” aplicar de cada uno de los nutrientes (IPNI, S/A). La utilización del sistema de riego por goteo en el cultivo de trigo se ha incrementado, sobre todo en las regiones donde el agua es escasa. En estas regiones productoras se llegan a hacer aplicaciones excesivas de fertilizantes, principalmente de nitrógeno y fosforo, aunque con este sistema de riego permite reducir más de 50% la concentración de fertilizantes, obtener un ahorro económico y un menor deterioro del ambiente, y hacer un uso más eficiente del agua, que se logra reducir en más del 50% (Armenta, 2001).

Materiales y Métodos

Se estableció un experimento de parcelas divididas con dos repeticiones evaluando en dos variedades de trigo, Sawali Oro C2008 (trigo duro) y Villa Juárez F2009 (trigo harinero), tres programas de fertilización en un sistema de riego por goteo. La siembra se realizó el día 26 de diciembre de 2012 en una sección del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) situado en el Block 710 cercano a Cd obregón, Son., México. Las coordenadas geográficas del sitio experimental son: 27°23’53.00 Latitud Norte y 109°55’27.13 longitud oeste.
El experimento consto de 10 riegos en todo el ciclo, de los cuales ocho fueron para el transporte de nutrientes y mejoradores de suelo que se utilizaron para los tratamientos. Ver tabla 1.

Tabla 1. Fechas de riego y tratamientos en cultivos de trigos

Fecha	Descripción	Tratamientos		
		1	2	3
28/12/2012	Riego de germinación	F.S	F.S	F.S
24/01/2013	Primer riego auxilio	S/A	N/F	N/F M.S
31/01/2013	Segundo riego auxilio	S/A	N/F	N/F
07/02/2013	Tercer riego auxilio	S/A	N/F	N/F M.S
14/02/2013	Cuarto riego auxilio	S/A	N	N
21/02/2013	Quinto riego auxilio	S/A	N	N M.S
28/02/2013	Sexto riego auxilio	S/A	N	N
07/03/2013	Séptimo riego auxilio	S/A	N	N M.S
14/03/2013	Octavo riego auxilio	S/A	N	N
21/03/2013	Noveno riego de auxilio	S/A	S/A	S/A
28/03/2013	Decimo riego de auxilio	S/A	S/A	S/A

F.S (fertilizante al suelo), S/A (solo agua), N/F(nitrógeno y fósforo), M.S (mejoradores de suelo), N (nitrógeno)

Tratamientos

Tratamiento 1. Fertilización al suelo: se aplicaron 180 kg de N en forma de sulfato de amonio y 26 kg de P_2O_5 fósforo como 11-52-00, al inicio de la siembra y riego por goteo durante el ciclo.

Tratamiento 2. Fertilización por goteo: al inicio de la siembra se le agrego al suelo 99 Kg N/ha en forma de urea en una sola aplicación, 13 Kg P_2O_5 como 11-52-00 una sola aplicación, y por sistema de goteo, 81 Kg N/ha = 309 Lts/ha UAN32 dividido en ocho riegos y 13 Kg de P_2O_5 como 11-52-00 dividido en tres riegos.

Tratamiento 3. Fertilización y mejoradores de suelo aplicado por goteo: se la agrego al suelo al inicio de la siembra 99 Kg N/ha en forma de urea en una sola aplicación, 13 Kg P_2O_5 como 11-52-00 una sola aplicación, y por sistema de goteo durante el ciclo, 81 Kg N/h = 309 Lts/ha UAN32 dividido en ocho riegos y 13 Kg de P_2O_5 como 11-52-00 dividido en tres riegos. Adicionalmente se aplicó 3 Lts/ha de Acuamil 2, 4 Lts/ha de Persulfato y 1L/ha de W30.

Cada semana se le aplico nutrientes y cada dos semanas se le aplico los mejoradores de suelo. Al aplicar los mejoradores de suelo el riego se dividía en tres periodos el 1ro. Solo agua, 2do. Los fertilizantes vía sistema de goteo y el 3ro. La mezcla con los mejoradores de suelos.

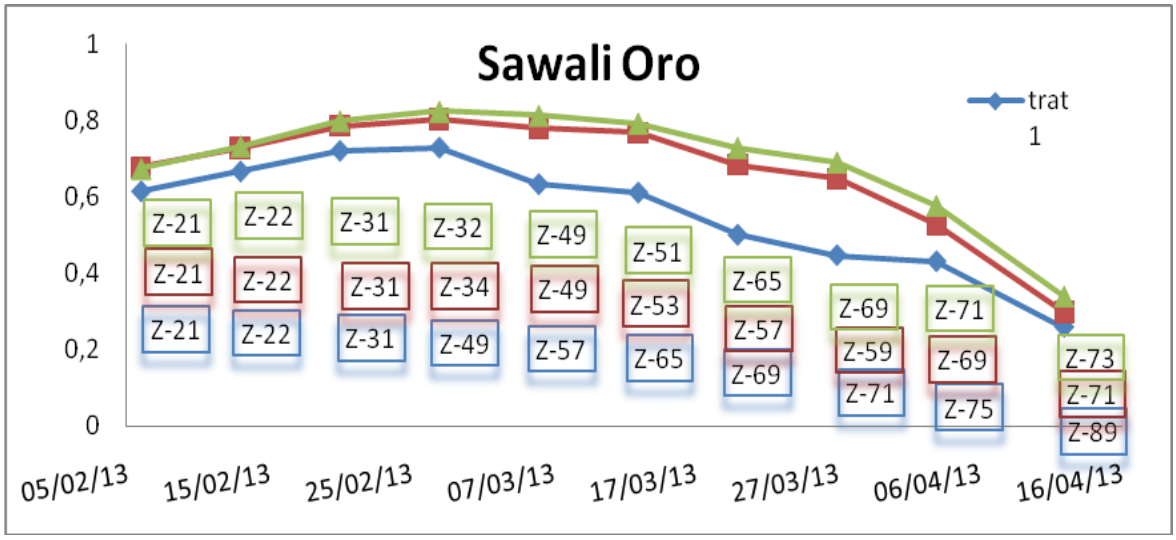
Datos evaluados

Se evaluaron rendimiento de grano y los componentes del rendimiento (granos/m^2, espiga/m^2 y granos/espiga), peso de mil granos y NDVI. Los datos de Rendimiento y componentes de rendimiento fueron calculados y analizados en el programa estadístico SAS®. El índice diferencial normalizado vegetativo (NDVI) se tomó usando el sensor GreenSeeker HANDHELD 501 de la empresa Trimble tomando datos semanalmente.

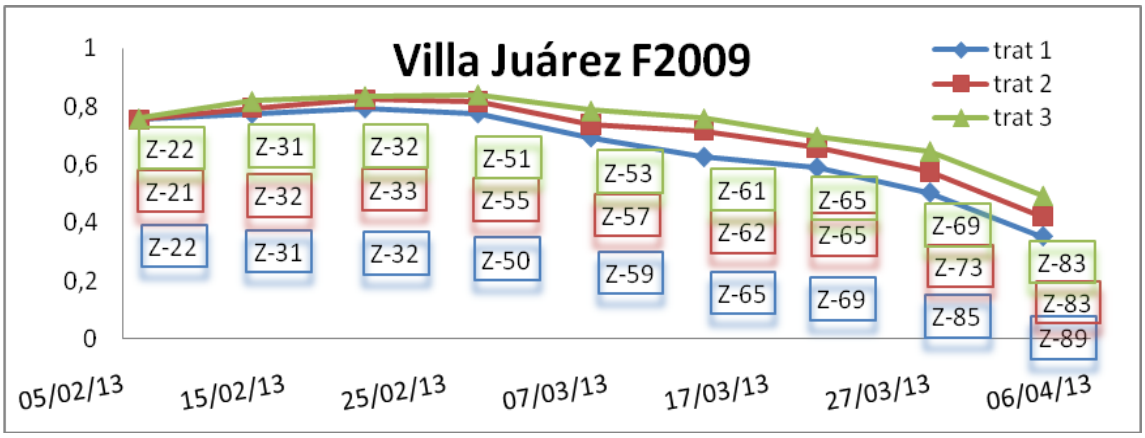
Resultados y Discusión

Índice diferencial normalizado vegetativo (NDVI).

La grafica 1 muestra que en la variedad Sawali Oro C2008 hubo diferencia entre el tratamiento 1 y el resto de los tratamientos desde el inicio. Desde la etapa Zadoks 32 (encañe) empezó a haber una ligera diferencia entre el tratamiento 2 y el tratamiento 3, la cual no aumento durante todo el ciclo, a diferencia del tratamiento 1. En cambio en la grafica 2 de la variedad Villa Juárez F2009 no hubo diferencia en los tratamientos sino hasta el inicio del encañado (Zadoks 32) aunque nunca fue tan notoria como en la variedad Sawali Oro C2008.



Grafica 1. Datos de los tratamientos de NDVI de la variedad **Sawali Oro**

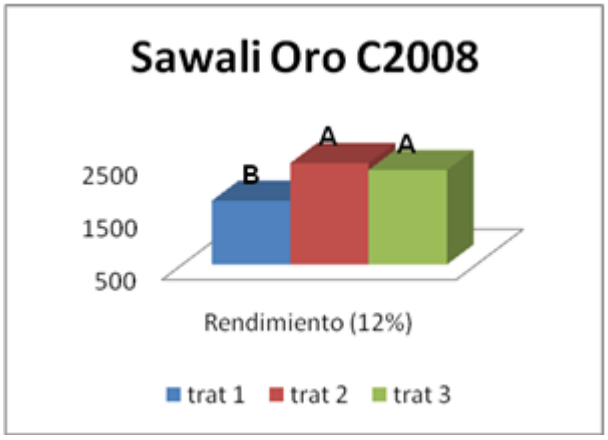


Grafica 2. Datos de los tratamientos de NDVI de la variedad Villa Juárez F2009

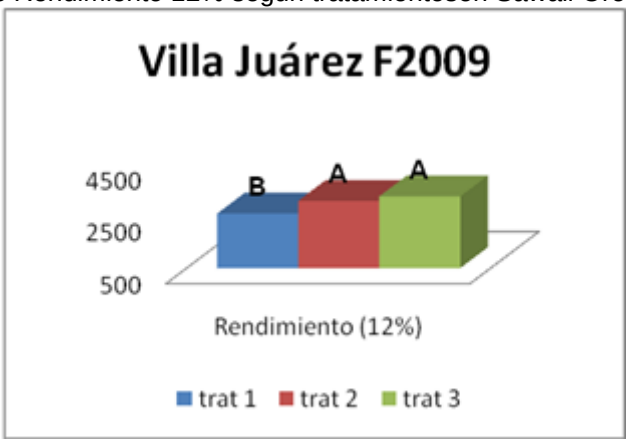
El tratamiento 3 es quien se mantuvo arriba de los otros tratamientos, aunque solo ligeramente del tratamiento 2. Esto indica un mejor desarrollo de la planta. Al tratamiento 1 solo se le aplicó una única dosis de nutrientes, En los tratamientos restantes se fraccionó la cantidad de nutrientes durante el ciclo de cultivo lo que permitió que estuvieran disponibles durante sus diferentes etapas de desarrollo a diferencia del tratamiento 1 en donde se observa un desarrollo mas rápido, indicando que el cultivo se encontraba bajo un estrés, en este caso una baja disponibilidad de nitrógeno. Las aplicaciones fraccionadas tienen una eficiencia mayor que una sola aplicación, al suministrar grandes cantidades de nitrógeno las perdidas por volatilización o lixiviación aumentan. La lixiviación de los suelos agrícolas puede representar una pérdida sustancial de fertilizantes nitrogenados hasta en un 26%, según Riley, *et al.,* (2001). Estas pérdidas, además de provocar daños al ambiente, no permiten que la planta obtenga la cantidad de nitrógeno que requiere para su desarrollo.

Rendimiento

En la gráfica 3 se muestran los resultados obtenidos de rendimiento en Sawali Oro C2008 y en la Grafica 4 se muestran los Rendimientos por tratamientos en la variedad Villa Juárez F2009. En general el rendimiento en todos los tratamientos fue menor a la media de la región (6.5 ton/ha). La baja productividad se asume por la fecha tardía de siembra, Ortiz-Monasterio *et al.,* (2006) reportó que siembras fuera de la fecha optima de siembra (15 nov-15 dic.) en algunos años representa pérdidas importantes de rendimiento, mientras que en otros años no, en este caso la reducción si fue significativa.



Grafica 3 Rendimiento 12% según tratamientosen Sawali Oro C2008.



Grafica 4 Rendimiento 12% según tratamientos en Villa Juárez F2009.

Existe una diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento uno y los otros tratamientos, pero no existió diferencia entre los tratamientos 2 y 3 en ambas variedades. Cuando los rendimientos son bajos la demanda de nutrientes es menor y aún cuando haya nutrientes disponibles la planta no los aprovecha. Esto podría ser una causa de porque no se vio efecto en la aplicación de los mejoradores de suelo. Dado que los datos son de un año, es recomendable repetir el experimento y sembrarlo en fecha óptima para aumentar el potencial de rendimiento para generar una mayor demanda de nutrientes y poder observar mejor si hay un efecto con la aplicación de los mejoradores.

Componentes de rendimiento.

En la tabla 2 se muestran los rendimientos obtenidos de las variedades y sus componentes de rendimiento: granos/m^2, peso de 1000 granos, espiga/m^2 y granos/espiga.

Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre variedades, siendo Villa Juárez F2009 quien tiene mejor rendimiento en comparación con Sawali Oro C2008. El tratamiento 1 presento el valor menor de granos por metro cuadrado siendo estadísticamente diferente de los tratamientos 2 y 3. En peso de mil granos hubo diferencia significativa entre tratamiento 1 y 3 pero en la variedad Sawali Oro C2008 el 1 obtuvo el peso menor y viceversa en la variedad Villa Juárez F2009.

La planta de trigo tiende a compensar la reducción de un componente de rendimiento con el aumento de otro, que se vio con Villa Juárez F2009 en el tratamiento 1 al aumentar el peso de grano para compensar la reducción de granos/m^2, pero no en Sawali Oro C2008, lo que indica un estrés más severo en esta ultima variedad. Si dividimos granos por metro cuadrado en sus subcomponentes vemos que en espigas por metro cuadrado no hubo diferencia en la variedad Villa Juárez F2009 entre tratamientos, pero en Sawali Oro C2008 todos los tratamientos fueron diferentes siendo el 1 quien presento el valor menor. En ambas variedades el número de granos por espiga en el tratamiento 1 fue diferente al tratamiento 3. El estrés en la variedad Sawali Oro C2008 se presento antes que en Villa Juárez F2009 afectando todos los componentes y subcomponentes de rendimiento, mientras que en Villa Juárez F2009 el estrés fue más fuerte en la etapa donde se definió granos por espiga.

Conclusiones

En general se obtuvo un rendimiento bajo comparado al promedio de la región de 6.5 ton/ha (oeidrus, 2013) atribuido a fecha tardía de siembra. La variedad Villa Juárez F2009 fue la destacada siendo la que mejor rendimiento obtuvo a comparación de Sawali Oro C2008.Con lo que respecta a los tratamientos que se estudiaron no hubo diferencias significativas entre los tratamientos con mejoradores de suelo y el tratamiento con solo nutrientes vía sistema de goteo. En comparación de los tratamientos anteriormente mencionados y el tratamiento de fertilización no fraccionada, se mostró que este tratamiento no fraccionado es más ineficiente, reduciendo el rendimiento en ambas variedades. Es necesario repetir este ensayo en fechas optimas para poder ver mejor el efecto de los mejoradores de suelo, pues al tener un rendimiento potencial bajo no se logro observar alguna ventaja en estos.

Tabla 2. Componentes de rendimiento según su variedad.

Variedad	Rendimiento	granos/m2	espiga/m2	granos/espiga	peso 1000 G
Sawali Oro					
trat1	1709	3613 b	102 c	35.32 b	43.09 b
trat2	2424	5064 a	129 a	39.40 ab	43.29 ab
trat3	2293	4727 a	115 b	41.04 a	44.03 a
Villa Juarez					
trat1	2599	5060 b	102 a	50.00 b	46.83 a
trat2	3092	6437 a	108 a	59.77 a	43.79 b
trat3	3266	6731 a	109 a	61.66 a	44.21 b

Agradecimientos

Se agradece a CIMMYT especialmente al departamento de nutrición, Ma. Elena Cárdenas, Dr. Iván Ortiz-Monasterio, Alberto Mendoza, Jorge Mendoza y Cynthia González, por darme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto, y estar conmigo en cada paso de este. A mi familia que me apoyo en todo, sobre todo a mis padres Ana Gabriela Elizalde y Guillermo Gámez. También a alguien muy especial para mí quien también me apoyo con la redacción de este articulo a Efrén Martínez. A todos, gracias por estar conmigo y apoyarme.

Bibliografía

Barrera Rojas, M. A. (2010).El papel de las instituciones en la gestión territorial de innovación tecnológica en el valle del Yaqui, Sonora: el caso de sensor GreenSeeker para el mejoramiento de la producción de trigo. (Tesis de maestría). Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, Baja california.

Cadahída López. C. (3ed.). (2005). Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. Madrid, España. Editorial Grupo imperio

Peña –Cabriales, J.J. (2001). Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotrópicas, Publicado en Terra 20: 51-56.

De la Cruz-González, M. Lourdes; Grageda-Cabrera, O. Arath; Suaste-Franco, M. Pilar; Solís-Moya, Ernesto; Ledesma-Ramírez, Lourdes; Báez-Pérez, Aurelio. (2013). EFECTO DE LA DENSIDAD Y MÉTODO DE SIEMBRA EN EL RENDIMIENTO DE GRANO DE TRIGO (Triticum aestivum L.) EN EL BAJÍO, MÉXICO. Agrociencia, Sin mes, 159-170.

IPNI (s/a). (s/f). Nuevo criterios para la recomendación de fertilizantes en sistemas de alta productividad agrícola en México. Recuperado [2013/06/25] de http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/F900E43AD134933706256AE80059AE18/$file/ nuevo+criterio.pdf

SEMARNAT. (2009). Indicadores básicos del desempeño ambiental de México. Recuperado: [2013/06/25]. http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/indicadores11/conjuntob/conjunto_basico/10.100.8.236_8080/ibi_apps/02_agua/indicador_2_2-3.html

Armenta-Bojórquez, A. D. G. A. Baca-Castillo, G. Alcántar-González, J. Kohashi-Shibata,

J. G. Valenzuela-Ureta, A. Martínez-Garza. (2001). Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. Revista Chapingo Serie Horticultura 7(1): 61-75, 2001.

Ortiz-Monasterio, J. Iván., Lobell, David B., (2006). Remote sensing assessment of regional yield losses due to sub optimal planting dates and fallow period weed management. Field Crops Research 101 (2007) 80–87.

W.J. Riley. Ortiz-Monasterio, J. Iván, (2001) Nitrogen leaching and soil nitrate, nitrite, and ammonium levels under irrigated wheat in Northern Mexico. Nutrient Cycling in Agroecosystems 61: 223–236.

Elaborado por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), con información de las Delegaciones de la SAGARPA. http://www.oeidrus-sonora.gob.mx/

ELABORACIÓN DE COMPOSTA A BASE ESTIÉRCOL EQUINO

Ramírez Ibarra, J. A.*[1]; Figueroa Villamontes, U.[2]; García Hernández, J. L.[1]; Sánchez Tapia, C.[3]; Fortis Hernández, M.[3]; Gallegos Robles, M. A.[1]; Valenzuela, G. A. A.[1]

[1]**Doctorado institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales. Gómez Palacio, Durango, México.**
[2]**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental La Laguna. Matamoros Coah., México.**
[3]**Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón, Coahuila, México.**

*Autor responsable: jari_wam@live.com.mx; Dom. Conocido: Ejido Ana. S/N. Torreón Coahuila. CP. 27410. Tel. +52 (871)- 235 2961.

Resumen

En la mayoría de las instalaciones donde se tiene ganado de cualquier tipo, se ve el estiércol como basura y lo que se busca es deshacerse de él tirándolo como basura y contaminando suelo y agua. En sus mejores casos se aplica a los cultivos, pero sin un tratamiento activo que le permita eliminar patógenos, metales pesados o malezas por lo que también se convierte en una fuente de contaminación para los cultivos. El objetivo fue encontrar la proporción de estiércol de equino y de paja sorgo que se deben utilizar en la elaboración de una composta de tal manera que la mezcla de estos dos materiales de una relación C: N de 28 y determinar el tiempo necesario para que el proceso de compostaje se lleve a cabo en las condiciones de la Comarca Lagunera durante el periodo primavera- verano. En un predio particular, en donde se tiene una cuadra de equinos con alrededor de 20 caballos, el cual está ubicado en el kilómetro seis de la carretera Torreón – San Pedro, se elaboró una composta con el estiércol fresco de estos animales y rastrojo de sorgo. Al mezclar 40 % de estiércol equino y 60 % de paja de sorgo podemos elaborar una composta microbiana en 75 días bajo las condiciones de la Comarca Lagunera durante el ciclo primavera - verano. Y esta composta puede servir para abonar las áreas verdes del mismo predio, ayudando así al reciclaje de los recursos e incluso puede quedar excedente para su comercialización.

Palabras clave: composta; equino; sorgo.

Introducción

En la Comarca Lagunera, al igual que en gran parte del territorio nacional los propietarios de ganado, (en este caso equino), aplican el estiércol a las parcelas agrícolas sin un tratamiento activo que elimine los patógenos (Vázquez *et al*., 2011) e incluso hay quienes lo tiran como basura contaminando suelo y agua (Fortis *et al.,* 2009), de ahí la necesidad de tratar los estiércoles antes de aplicarlos. Esto puede deberse a que se ve el estiércol solo como desecho y existe un desconocimiento de algunas opciones para convertir el estiércol en abono de buena calidad como la lombricomposta, composta microbiana o solarización. Dichas técnicas convierten el estiércol de desecho a abono, el cual puede ayudar tanto en el mejoramiento de las características fisicoquímicas del suelo como en la nutrición de las plantas que se tengan al alcance en cualquier lugar en el que estemos, ya sea cultivos, jardinería o áreas verdes. Un abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixto, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos (Raviv *et al.*, 2005). La composta es el producto resultante de la fermentación aerobia de una mezcla de materiales orgánicos en condiciones específicas de humedad, aireación, temperatura y nutrientes (Labrador, 1996) y que además puede aplicarse como abono y es poco probable que represente un daño al ambiente (Garcia – Hernández *et al*., 2006). En el país hay más de mil lienzos charros en donde se tienen caballos (Palomar, 2004.), sin contar las instalaciones de otros tipos de

caballos como de carreras, de equinoterapia, equitación, etc. en donde se podría usar el estiércol ahí producido para elaborar composta. Se podría producir el abono suficiente para abastecer las áreas verdes de las mismas instalaciones e incluso puede quedar un excedente que se puede comercializar. La importancia de la materia orgánica en los suelos es grande, y no solo mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra, sino también el desarrollo de las plantas (Fortis *et al.,* 2012).

Condiciones óptimas para el composteo

Relación Carbono: Nitrógeno (C:N)

La composición elemental del material procesado en una composta depende mucho del tipo de materia prima que vayamos a utilizar. Sin embargo, el Carbono y Nitrógeno son esenciales para el proceso de composteo (García – Hernández *et al*., 2006). El carbono aporta la fuente primaria de energía y el N es crítico para el crecimiento de la población de microorganismos. Por lo que para un eficiente y efectivo composteo es necesaria una correcta relación C: N, menor de 30 (Castellanos, s/f) o de 25 a 35 (Nieto – Garibay *et al.,* 2010).

El objetivo fue encontrar la proporción de estiércol de equino y de paja sorgo que se deben utilizar en la elaboración de una composta de tal manera que la mezcla de estos dos materiales de una relación C: N de 28 y determinar el tiempo necesario para que el proceso de compostaje se lleve a cabo en las condiciones de la Comarca Lagunera durante el periodo primavera- verano.

Materiales y métodos

El experimento se realizó en un predio particular, en donde se tiene una cuadra de equinos con alrededor de 20 caballos, el cual está ubicado en el kilómetro seis de la carretera Torreón – San Pedro. Se elaboró una composta con el estiércol fresco de estos animales, los cuales fueron alimentados con heno de alfalfa de primera calidad, que aportó la mayor parte del nitrógeno y como fuente mayoritaria de carbono se añadió paja de sorgo de desecho. A ambos se les determinó la relación C: N**,** con la finalidad de que al hacer la mezcla se tuviera una relación de 28 a 1, que está dentro de la recomendación que se hace para facilitar la biodegradación de la materia orgánica. Dicha composta fue utilizada para abonar las áreas verdes de la cuadra con la finalidad de incorporar el estiércol a través del abono y así reciclar los desechos del mismo predio.

Procedimiento para el composteo

Se seleccionó el lugar con las siguientes características:

Área protegida para evitar daños de animales.

Que esté cerca del lugar de la materia prima y también de donde se va aplicar.

Que tenga toma de agua disponible.

Que no esté cerca de habitaciones para evitar contaminación y malos olores.

Que esté a la intemperie.

Nivelación del terreno.

Se limpió el terreno y se le dio ligera pendiente para evitar acumulaciones de agua.

Recolección de la materia prima.

El estiércol fresco, se tomo del área donde los trabajadores lo almacenan diariamente, por lo que tenía menos de una semana de haber sido producido.

Pesado de los materiales

Se colocó una capa de 60 kg de paja de sorgo (b) y luego se humedeció para que tuviera un 70 por ciento de humedad.

Se añadió una capa de 40 kg de estiércol equino (a) y luego se humedeció para que tuviese 70 por ciento de humedad.

Luego se volvió a poner otra capa de b y luego otra de a (Figura 1).

Figura 1. Elaboración de la composta.

Se siguió de manera consecutiva hasta completar 4 capas de cada uno con la misma proporción anterior (ya que alcanzó más de 1 metro cúbico de volumen para que produjera el suficiente calor que eliminara los patógenos). Se cubrió el montículo con hojas de palma *Wachingtonia* sp. (abánico) para evitar la desecación y temperaturas excesivas. Se midió la temperatura cada cinco días y se humedeció por encima para amortiguar la disminución de la humedad. Cuando tenía 15 días se volteó la composta con un vielgo para airear y homegenizar la humedad. Se midió la humedad cada semana y se humedeció cuando lo requirió.

Parámetros evaluados

a. Relación carbono: nitrógeno tanto del estiércol de equino como de la paja de sorgo antes de la elaboración de la composta. Se analizaron las muestras en el laboratorio de suelo, agua y planta de INIFAP, en Matamoros Coahuila. El contenido de nitrógeno en las muestra se determinó mediante el método Kjeldahl (Jones, 2001).
b. Temperaturas cada cinco días en el centro de la composta con un termómetro convencional de Mercurio y medida a las tres de la tarde por ser la hora en que están las más altas temperaturas ambientales.
c. Se midió el porcentaje de humedad de la composta una vez por semana obteniendo una muestra para secarla en una estufa y por diferencia de pesos determinar dicho parámetro.
d. El tiempo (días) necesario para que la composta microbiológica madure. El tiempo de maduración de la composta se midió desde su elaboración, hasta que ésta se estabilizó en temperatura, indicador de que ya llegó a la fase de maduración (Castellanos, s/f).y mostró el aspecto de abono (olor a tierra de monte y que sus materia primas se confundan entre si). (USDA, 1999).

Resultados y discusión

a. Determinación de la relación C:N de los materiales a compostear

Por medio de ecuaciones simultáneas de primer grado con dos incógnitas, y tomando en cuenta el Cuadro 1, se calculó la proporción de materiales a utilizar de tal manera que la mezcla de estos dos materiales dieran una relación C: N de 28:1.

La proporción de materiales que se utilizó fue de 40 % de estiércol equino y 60 % de paja de sorgo.

Cuadro 1. Relación C:N de los materiales a compostear.

Material	Relación C:N (4)	%C	%N
Estiércol equino (a)	17:1	44.2	2.6
Desecho de sorgo (b)	50:1	45	0.9

b. Medición de temperaturas.

En la figura 2 se observa que la tendencia encontrada coincide con (Day, *et al.,* s/f). Vemos que al principio se dispara la temperatura de 30 a más de 40 °C (fase inicial), en la cual el mismo autor menciona que es posible encontrar bacterias en estado latente, pero que se activan al tener C y N que son las fuentes de alimento y temperatura y humedad que son los catalizadores del proceso.
Las temperaturas más altas fueron de 60º C , dos grados menores a las encontradas por Vázquez (2011) en pilas de solarización de estiércol bovino sin cubierta de plástico.

A lo largo de 40 días las temperaturas se mantuvieron entre 50 y 60 º C , que fueron las más altas temperaturas y posiblemente la etapa de mayor actividad microbiológica (termofílica).

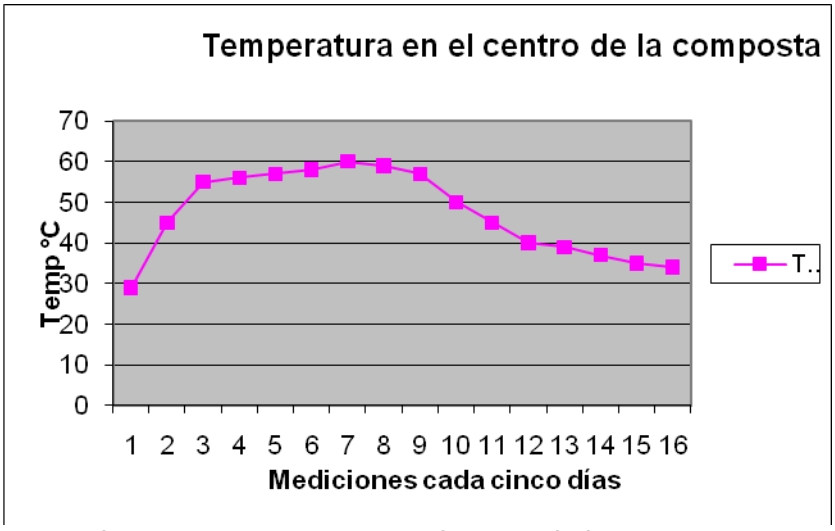


Figura 2. Temperatura en el centro de la composta.

La fase termofílica se presentó de los 10 hasta los 45 días (Figura 2) y se diferencia por que se mantiene la temperatura entre 50 y 60°C. A estas temperaturas podemos encontrar bacterias, hongos y actinomicetos que son los encargados de degradar la materia orgánica. Esta fase fue prolongada debido a que en la comarca las temperaturas ambientales son muy altas y más en la época de primavera – verano, por lo que el ambiente ayudó bastante para que se tuvieran altas temperaturas. En la misma figura 2 se observa que la fase mesofílica o de maduración se presenta a partir de los 45 días, es cuando baja la temperatura y los materiales se van haciendo más homogéneos. La maduración completa se presentó a los 75 días y fue cuando la temperatura se estabilizó y la mezcla de materiales era muy homogénea y ya no se podían distinguir fácilmente el estiércol y la paja.

c. Evaluación de la composta madura

En 75 días se maduró la composta, debido a que la temperatura se estabilizó y los materiales originales ya no fueron fáciles de identificar, ya que se fueron biodegradando, sin embargo a esta composta fue necesario cribarla para poder utilizarla en el abonado de las áreas verdes, pasto, frutales y hornamentales que están en el mismo predio donde se elaboró. Nieto – Garibay (2010)

menciona que la importancia del seguimiento de la temperatura durante el proceso de compostaje para comprobar su inocuidad es quizás el indicador más importante para este fin, de ahí que al mostrar la dinámica de la temperatura podemos decir que los microorganismos patógenos de pudiera contener la composta murieron al estar expuestos en la fase termofílica a temperaturas de 50 a 60º C

Conclusiones

En los más de mil lienzos charros que existen en el país sin contar otras instalaciones donde se tiene caballos por ejemplo de equitación y de carreras podemos aplicar la siguiente información para elaborar composta a base del estiércol generado. De esta manera estaremos haciendo un manejo apropiado de los desechos orgánicos que se generen en las instalaciones. Con la mezcla de 40 % de estiércol equino alimentado con alfalfa y 60 % de paja de sorgo podemos elaborar una composta microbiana en 75 días bajo las condiciones de la Comarca Lagunera durante el ciclo primavera - verano. Los microorganismos patógenos de pudiera contener la composta murieron al estar expuestos en la fase termofílica a temperaturas de 50 a 60º C. Esta composta sirvió para abonar las áreas verdes del lienzo charro donde se elaboró por lo que fue un proyecto piloto exitoso, el cual se puede sugerir para todas las cuadras de equinos que se tienen en el país, independientemente de si se encuentran en una zona urbana o rural.

Bibliografía

Castellanos, J. Z., Uvalle, B. J. X. y Aguilar, S. A. S/F. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Segunda Edición. Pp. 49.

Fortis-Hernández M, Leos-Rodriguez JA, Preciado-Rangel P, Orona-Castillo I, García-Salzar JA, García-Hernández J, Orozco-Vidal JA. 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. Terra Latinoamericana 27:329-336.

Fortis-Hernández M.; Pablo Preciado-Rangel; José Luis García-Hernández; Agustín Navarro Bravo; Jacob Antonio-González y José Miguel Omaña Silvestre. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 3(6):1203-1216.

García-Hernández, J.L., J.L. Lara, J.C. Rodríguez, O. Díaz, B. Murillo, E.O. Rueda. 2006. La Agricultura Conservacionista, una Alternativa Ecológica y Económicamente Rentable. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. 97 páginas.

Jones, J.B. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press. New York.

Labrador J. M. 1996. La material orgánica en los agroecosistemas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi – Prensa . 174 páginas.

Michael Day and Kathleen Shaw. CHAPTER 2 Biological, Chemical, and Physical Processes of Composting. S/F.

Nieto., G., A., Murillo A., B. , Troyo D., E., Beltrán-Morales A., Ruiz, E.H, García-Hernández, J.L. 2010. Aprovechamiento de residuos orgánicos de origen animal, vegetal y doméstico para la elaboración y uso de composta en la agricultura orgánica. En: García Hernández José Luis, Enrique Salazar Sosa, Ignacio Orona Castillo, Manuel Fortis Hernández y Héctor Idilio Trejo Escareño. (Eds). Agricultura Orgánica. Tercera parte. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo-CONACYT. Pp: 69 -82.

Palomar C.2004. El papel de la charrería como fenómeno cultural en la construcción del Occidente de México. Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe 76, abril de 2004 | 83

Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. BioTechnol. 96:419-427.

USDA-Servicio de Conservación de Recursos Naturales. La Asociación Nacional de Distritos de Conservación .Consejo de Hábitat de Fauna. julio 1999. Hoja informativa número 1 de una serie de 10 sobre la conservación en su patio.

Vázquez-Vázquez, C., Gallegos-Robles, M.A.,Fortis-Hernández M., Salazar-Sosa E., López-Martínez JD., Escareño-Trejo HI, García-Hernández JL. 2011. Cattle manure solarization with transparent plastic to pathogens control. Journal of Research in Biology 1(7): 528-534.

DISPONIBILIDAD DEL NITRÓGENO DE ESTIÉRCOL DE BOVINO LECHERO EN UN CULTIVO DE SORGO X SUDAN

Ríos Rodríguez, M. L.[1]; Soto González, J. R.[1]; Figueroa Viramontes, U.[2*]

[1]**Facultad de Agricultura y Zootecnia. División de Estudios de Posgrado. UJED. Gómez Palacio, Dgo.**
[2]**INIFAP, Campo experimental La Laguna. Matamoros, Coah., México.**

[*]Autor de correspondencia: figueroa.uriel@inifap.gob.mx. Blvd. José Santos Valdés 1200 Pte. Matamoros, Coah. Tel: 871-1823177.

Resumen

En la Comarca Lagunera el 70% de los cultivos corresponde a la producción de forrajes, la mayor parte bajo el sistema de producción forraje-leche. El estiércol producido en estos sistemas es destinado a la producción de forrajes, incorporando dosis que van desde 60 a más de 200 Mg ha^{-1}, por los que es importante estimar las dosis de estiércol mediante un balance entre su contenido de nitrógeno (N) disponible y el requerimiento de N del cultivo (RNC). Lo anterior permite reducir el consumo de fertilizantes y el impacto ambiental del sistema intensivo de producción de leche de bovino. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la disponibilidad del N proveniente del estiércol en un cultivo de sorgo x sudán, mediante la técnica de equivalencia de fertilizante. Se evaluaron dos fuentes de nitrógeno (estiércol bovino y fertilizante químico) con tres dosis equivalentes al porcentaje del RNC (67,100 y 133%), en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Se observó que la extracción de N incrementó linealmente en función del N aplicado, tanto como fertilizante o como estiércol. La extracción de N (N_{ext}) por el cultivo en el tratamiento de 100% del RNC con estiércol fue de 0.6 g maceta^{-1}. Esta extracción se obtuvo con una dosis de N total en estiércol (DN_{est}) de 2.355 g maceta^{-1}; el mismo valor de N_{ext} se obtuvo con una dosis equivalente de fertilizante (EF) de 0.742 g maceta^{-1} de N inorgánico. La relación entre la dosis de N inorgánico y el N total del estiércol para una misma extracción de N representa el porcentaje de N disponible al cultivo (NDC_{ext}), cuyo valor en el presente estudio fue de 31.5%.

Palabras clave: RNC; Extracción de nitrógeno, nitrógeno disponible, equivalencia de fertilizante.

Introducción

La aplicación incontrolada de agroquímicos para obtener altos rendimientos de producción en la agricultura ha incrementado los costos de producción e impactado los recursos biológicos, suelo y agua (Ardakani et al., 2011). La fertilización constituye uno de los principales factores que limitan la producción agrícola, pues los cultivos absorben sólo una fracción del fertilizante aplicado, aproximadamente entre el 10 y 60% (Peña-Cabriales et al., 2002). En México, en los últimos 40 años, el consumo de fertilizantes N-P-K se ha incrementado de 50,000 t a más de 5,500,000 t. Pero el uso de este insumo no ha sido el adecuado y se han presentado problemas de contaminación ambiental (Peña-Cabriales et al., 2002). En la Comarca Lagunera se ha documentado exceso de nitratos en aguas subterráneas, posiblemente relacionado al uso excesivo de estiércol y fertilizantes químicos (Cueto et al., 2005). En esta región se siembran 170,000 ha de cultivos bajo riego, de las cuales el 70% son cultivos forrajeros que en su mayoría se producen dentro de unidades de producción de forraje-leche (SAGARPA, 2012). El estiércol que se produce en estas explotaciones lecheras se incorpora al suelo en dosis de 60 a más de 200 Mg ha^{-1}, lo que junto con los fertilizantes químicos pueden provocar contaminación del agua y aire si no se utilizan en función del requerimiento del cultivo y del N disponible en el estiércol. Diversos estudios han mostrado que el estiércol puede sustituir parcial o totalmente a los fertilizantes químicos, cuando se aplican con base

en el requerimiento del cultivo y el N disponible en el estiércol (Figuera et al., 2010; Ferguson et al., 2005). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la disponibilidad del N proveniente del estiércol en un cultivo de sorgo x sudán, mediante la técnica de equivalencia de fertilizante (Motavalli *et al*., 1989; Muñoz *et al*., 2004)

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna del INIFAP, en Matamoros, Coahuila. La fecha de siembra fue el 20 de junio y se cosechó el 27 de julio de 2013. Se utilizaron 28 macetas de 30 cm de altura y 29 cm de diámetro. Antes de la siembra se analizó el suelo, considerando el pH, conductividad eléctrica (CE), y N inorgánico. La textura del suelo fue franco arcillosa. Los resultados de los análisis del suelo se presentan en el Cuadro 1. Debido la elevada concentración de nitrógeno inorgánico y conductividad eléctrica (CE), se procedió a realizar tres lavados de suelo con agua hasta alcanzar una CE de 0.2 dS m^{-1} y 36 mg L^{-1} de NO_3 en la solución lixiviada.

Cuadro 1. Resultados de análisis de suelo previo al establecimiento del experimento de dos dosis fertilización en sorgo x sudan.

Parámetro	Unidad	Valor
pH		7.79
Conductividad eléctrica[1]	dS m^{-1}	7.6
Arena	%	36.04
Arcilla	%	35.24
Limo	%	28.72
Nitrógeno inorgánico[1]	mg kg^{-1}	218.24
Densidad aparente	g cm^{-3}	1.47

Los análisis de suelo se realizaron de acuerdo a los métodos descritos en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 (SEMARNAT, 2000). [1]Despues del proceso de lavado de suelo, los valores bajaron a 0.2 dS m^{-1} de CE y 36 mg L^{-1} de NO_3 en la solución lixiviada.

Las características de los fertilizantes utilizados, fueron: estiércol con un contenido de 1.34% de N y 1.68 % de humedad; MAP (fosfato monoamónico, 11-52-00 % de N-P_2O_5-K_2O) y sulfato de amonio (20.5-00-00). Las macetas fueron ubicadas bajo maya sombra. Los riegos se aplicaron de acuerdo a la evapotranspiración de las macetas, esto para recuperar la humedad a capacidad de campo. La evapotranspiración se midió con una cubeta de las mismas dimensiones de las del cultivo. Se evaluaron dos fuentes de fertilización con tres dosis equivalentes al porcentaje del RNC y cuatro repeticiones, las cuales fueron distribuidas en bloques completos al azar. Las dosis de los tratamientos se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Dosis de estiércol y de fertilizante, aplicados en sorgo x sudan con base en el RNC (requerimiento de nitrógeno del cultivo).

Tratamiento	Dosis %
Testigo	0
Fertilizante químico	67%
Fertilizante químico	100%
Fertilizante químico	133%
Estiércol	67%
Estiércol	100%
Estiércol	133%

Dentro de las variables a medir en la planta se consideró: altura, rendimiento de forraje verde, porcentaje de materia seca (MS), y Nitrógeno total en planta. Se realizó el análisis de varianza y

prueba de Tukey (0.05) para la separación de medias con diferencias significativas, utilizando el programa estadístico SAS 9.0

Resultados y Discusión

No se observaron diferencias significativas en la atura final de la planta, observándose valores de 87.2 cm como altura mínima en el tratamiento testigo (sin fertilización) y 97. 9 cm como altura máxima en el tratamiento de estiércol al 100% RNC. El rendimiento en materia verde osciló entre 106.5 y 141.3 g, y el rendimiento en materia seca entre 22.9 y 31.2 g (Figura 1), observándose los valores más altos en la dosis de 133% del RNC con estiércol. En el caso de rendimiento en materia verde se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos testigo, estiércol al 133%, químico 67% y químico al 100% del RNC; para materia seca solo se observó diferencia significativa entre el testigo y el tratamiento de 133% del RNC con estiércol (Cuadro 3). El porcentaje de N en planta no mostró diferencias significativas entre tratamientos, con valores mínimos de 1.37% para estiércol al 67% y 3.35 % como máximo para el fertilizante químico al 100% (Cuadro 3). Mediante el análisis de suelo al final del experimento, se observó mayor contenido de N inorgánico (NH_4^+ + NO_3^-) en la muestras obtenidas de los tratamientos con estiércol a una profundidad de 0-10 cm, comparado con la profundidad de 10-20 cm de los mismo tratamientos. Por el contrario se observó mayor contenido de N inorgánico en las muestras obtenidas de los tratamientos químicos a una profundidad de 10-20 cm, comparado con la profundidad de 0-10 cm de los mismos tratamientos. El valor máximo observado fue de 12.29 mg kg^{-1} de nitrógeno inorgánico para el tratamiento químico de 133% del RNC.

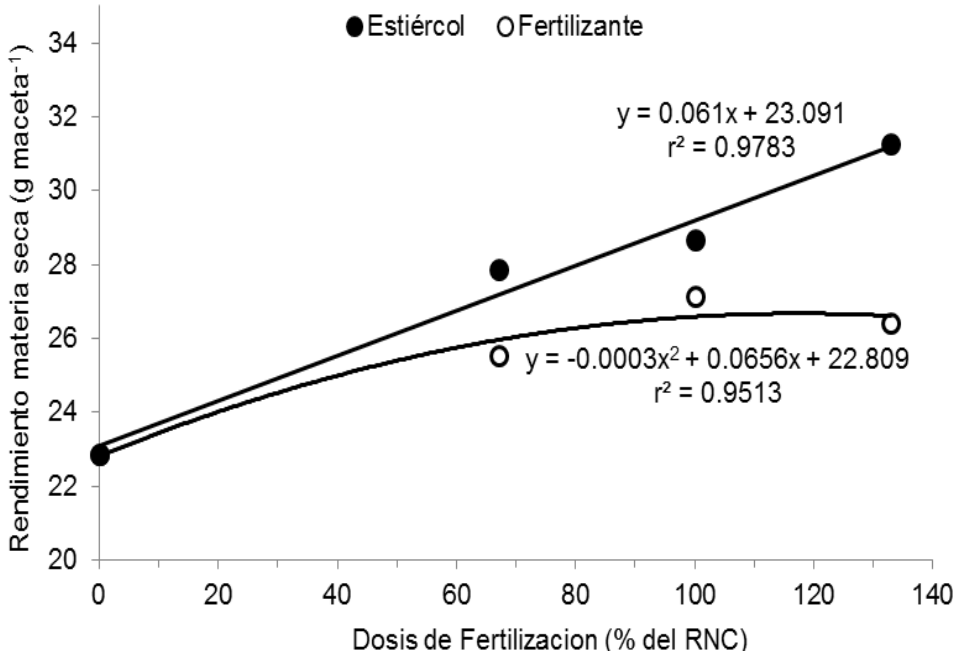


Figura 1. Estimación del rendimiento en materia seca en relación a la dosis y tipo de fertilización.

Cuadro 3. Parámetros de cosecha (materia verde, materia seca y altura), concentración de nitrógeno en la planta, en sorgo x sudan bajo tres dosis de fertilización química y estiércol bovino.

Tratamiento	Dosis	Rendimiento de Materia verde		Rendimiento de. Materia seca		Altura de planta		N total en planta	
	% del RNC	g maceta^{-1}		g maceta^{-1}		cm		%	
Blanco	0	106.53	b	22.88	c	87.25	NS	2.09	NS
Estiércol	67	122.08	ab	27.88	ab	90.83		1.37	
Estiércol	100	127.28	ab	28.68	ab	97.92		1.98	
Estiércol	133	141.28	a	31.25	a	93.59		2.72	
Químico	67	134.10	a	25.55	bc	90.42		2.27	
Químico	100	139.15	a	27.13	abc	96.46		3.35	
Químico	133	130.23	a	26.40	abc	90.08		2.75	

Letras distintas en la misma columna, indican diferencias significativas (Tukey 0.05). NS = No significativo. RNC = Requerimiento de nitrógeno del cultivo.

De acuerdo con el método de equivalencia de fertilizante (Motavalli *et al*., 1989; Muñoz *et al*., 2004), en la Figura 2 se puede apreciar que la extracción de N mostró un incremento lineal en función del N aplicado, tanto como fertilizante (r^2 = 0.98) o como estiércol (r^2 = 0.99), dentro del rango de dosis evaluadas. Al considerar la extracción de N (N_{ext}) en el tratamiento de 100% del RNC con estiércol (0.6 g maceta^{-1}), se observa en la Figura 2 que dicho valor de N_{ext} corresponde a una dosis de N total con estiércol (DN_{est}) de 2.355 g maceta^{-1}. El mismo valor de N_{ext} se obtuvo con una dosis equivalente de fertilizante (EF) de 0.742 g maceta^{-1} de N. Con los valores de equivalencia de fertilizante se calculó el valor de N del estiércol disponible al cultivo (NDC_{est}), el cual es la relación entre la dosis de N con fertilizante químico y la dosis de N total con estiércol, para un mismo valor de N extraído por el cultivo:

$$NDC_{est} = 0.742 / 2.355 * 100 = 31.5\%$$

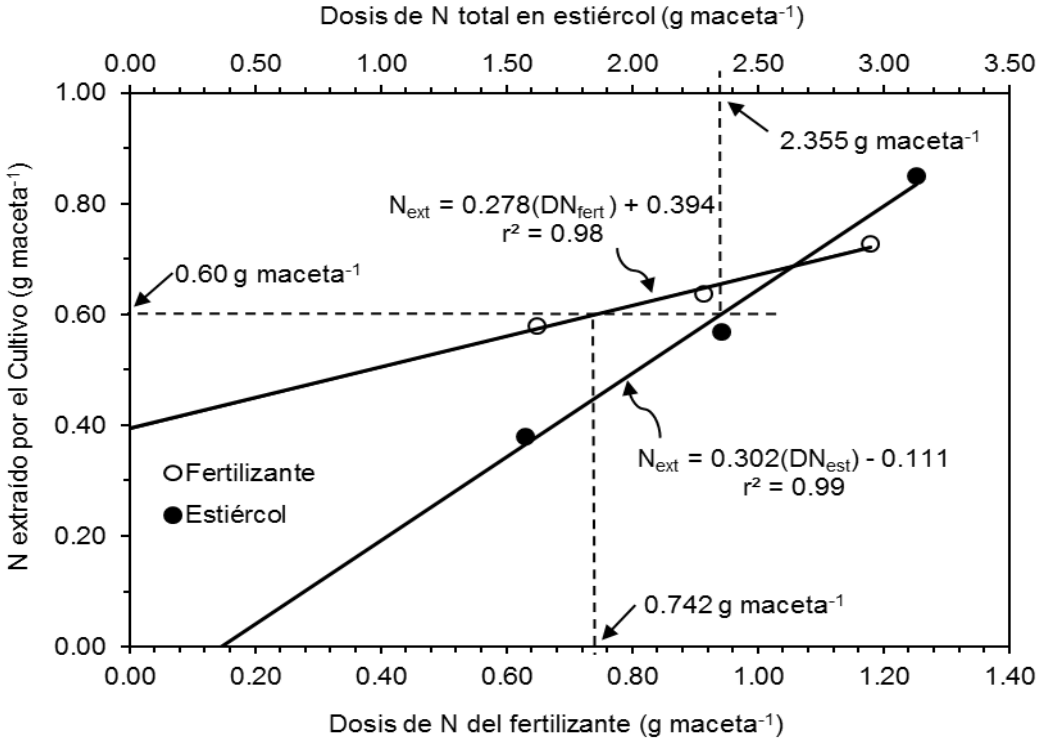


Figura 4. Nitrógeno extraído por sorgo x sudán a diferentes dosis de nitrógeno como fertilizante y como estiércol.

Conclusiones

Las dosis de estiércol estimadas para cubrir el requerimiento nutricional del cultivo permitieron obtener rendimientos de MS mayores a los obtenidos para las dosis equivalentes con fertilizante químico. Lo anterior indica que es posible sustituir parcial o totalmente la aplicación de fertilizantes químicos con estiércol de bovino lechero. Por lo tanto, se pueden reducir costos de producción de los cultivos forrajeros y reducir el impacto ambiental de las explotaciones lecheras.

Agradecimientos

Al Laboratorio de Análisis de Suelo y Planta del INIFAP, Campo experimental La Laguna. Matamoros, Coahuila, México

Bibliografía

Ardakani, M. R., Mazaheri, Shirani Rad, D.A. H. and Mafakheri, S. "Uptake of Micronutrients by wheat (Triticum aestivum L.) in a sustainable agroecosystem," Middle-East Journal of Scientific Research, vol. 7, no. 4, pp. 444–451, 2011.

Cueto-Wong, J. A., D. G. Reta-Sánchez, G. González-Cervantes, I. Orona-Castillo y J. Estrada-Ávalos. 2005. Características químicas de aguas de pozos profundos del acuífero de Villa Juárez, Durango. Agrofaz 5: 869-874.

Fergunson, R. B., J. A. Nienaber, R. A. Eigenberg and B. L. Woodbury. 2005. Long Term effect of sustained feedlot manure application on soil nutrients, corn silage yield, and nutrient uptake. J. Environ Qual. 34:1672-1681.

Figueroa-Viramontes, U., G. Núñez-Hernández, J. A. Delgado, J. A. Cueto-Wong y J. P. Flores-Margez. 2009. Estimación de la producción de estiércol y de la excreción de nitrógeno, fósforo y potasio por bovino lechero en la Comarca Lagunera. pp. 128-151. In: I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H. (eds.). Agricultura orgánica. 2ª ed. FAZUJED. SMCS. Gómez Palacio, Dgo.

Figueroa-Viramontes, Uriel; Cueto-Wong, José A.; Delgado, Jorge A.; Núñez Hernández, Gregorio; Reta-Sánchez, David G.; Quiroga-Garza, Héctor M.; Faz-Contreras, Rodolfo; Márquez-Rojas, José L. (2010). Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. Terra Latinoamericana, 28 (4): 361-369.

Figueroa-Viramontes, U., J. A. Cueto-Wong, J.A. Delgado, G. Núñez-Hernández, D.G. Reta-Sánchez, H.M. Quiroga-Garza, R. Faz-Contreras y J.L. Márquez-Rojas. 2010. Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. Terra Latinoamericana 28, 361-369.

Motavalli P., Kelling K.A., and Converse J.C. 1989. First-year nutrient availability from injected dairy manure. J. Environ. Qual. 18, 180-185.

Muñoz G.R., Kelling K.A., Powell J.M., and Speth P.E. 2004. Comparison of estimates of first-year dairy manure nitrogen availability or recovery using nitrogen-15 and other techniques. J. Environ. Qual. 33, 719-727

Peña Cabriales, J. J., Grageda Cabrera, O. A., J. A. Vera Núñez. Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (^{15}N). Terra Latinoamericana, vol. 20, núm. 1, enero-marzo, 2002, pp. 51-56, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. México.

SEMARNAT, (2000). Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000.

Servicios de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2010) En: http://www.siap.gob.mx. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (2010).

.

USO EFICIENTE DE NITRÓGENO EN FRIJOL EJOTERO: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE Fe EN FORMA DE QUELATO *VERSUS* SULFATO

Sánchez, E.[1*]; Sida Arreola, J. P.[1]; Muñoz Márquez, E.[1]; Ojeda Barrios, D. L.[2]; Soto Parra, J. M.[2]

[1]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias-Tecnología de Productos Hortofrutícolas y Lácteos. Av. 4ª. Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. C.P. 33089. Tel/Fax: +52(639)4748400. E-mail: esteban@ciad.mx
[2]Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua. México.

*Autor responsable: esteban@ciad.mx; Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Unidad Delicias-Tecnología de Productos Hortofrutícolas y Lácteos. Av. 4ª. Sur 3820, Fracc. Vencedores del Desierto, Cd. Delicias, Chihuahua. México. C.P. 33089. Tel/Fax: +52(639)4748400.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue analizar la influencia de diferentes dosis de quelato de Fe versus sulfato de Fe sobre la producción de biomasa y la eficiencia de uso de N (EUN) en plantas de frijol ejotero. El Fe fue aplicado a la solución nutritiva en las formas de quelato y sulfato de Fe y en dosis crecientes: 0, 25, 50 y 100 µM. Los parámetros analizados fueron biomasa, concentración de NO_3^- y nitrógeno total reducido, así como estos definen la EUN en plantas: acumulación de nitrógeno total (ANT), eficiencia de utilización de N (EUtN) y la eficiencia de toma de N (EUpN). De acuerdo a nuestros resultados, la aplicación de Fe afecto la EUN en plantas de frijol. La aplicación de dosis deficientes de Fe (0 y 25 µM) y elevadas ó tóxicas de Fe (100 µM) disminuyó la biomasa y producción, siendo más drástica con las dosis consideras tóxicas. No obstante, la dosis de 50 µM mejoró la biomasa y producción, por lo cual se consideró óptima. Además, que esta misma dosis mejoró también la EUN. En cuanto a quelato y sulfato, la forma quelatada fue mejor en la producción de biomasa, rendimiento y en una mejor eficiencia de uso de nitrógeno.

Palabras clave: Phaseolus vulgaris L.; eficiencia de uso de nitrógeno; biofortificación.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) es cultivado y consumido en casi todo el mundo. En algunos países desarrollados, 20 % de la proteína disponible es proporcionada por esa leguminosa. El frijol representa una parte integral de la dieta proteica para 50 % de la población mundial (Deshpande *et al.*, 1984), y producido en grandes cantidades en el sur, centro y norte de América, y el este de África (Singh, 1999). El crecimiento de las plantas depende, entre otros factores, de un adecuado suplemento de nitrógeno para sintetizar aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y otros constituyentes celulares necesarios para el desarrollo. En la biosfera el N está disponible para las plantas en diferentes formas, que incluyen el N_2 molecular, amoniaco (NH_3) volátil y el N mineral (NO_3^- y NH_4^+) y orgánico; en suelos agrícolas bien aireados el N nitrato es la forma más abundante y disponible de N (von Wirén *et al.*, 1997). El N es el fertilizante más usado en la agricultura actual debido a que es relativamente barato, pero puede contribuir a contaminar el agua superficial y subterránea a través de la lixiviación y la erosión del suelo. El rendimiento de los cultivos depende en gran medida de la cantidad de N disponible en el medio (Lea y Azevedo, 2006) ya que aproximadamente un 30-40 % del N aplicado puede ser convertido por las plantas en biomasa de cultivos para el consumo humano. Mond *et al.* (1982) han definido la Eficiencia de Uso de Nitrógeno (EUN) como producción de biomasa por unidad disponible N en el medio. El concepto EUN se puede dividir en dos aspectos: la eficiencia de absorción, que es la capacidad de la planta para remover N del suelo normalmente presente como iones nitrato y de amonio; y la eficiencia en la utilización, que se considera la capacidad de las plantas para transportar el N hacia los brotes (Lea y Azevedo, 2006). En la actualidad hay enorme interés en la identificación de los procesos que

intervienen en la regulación de la absorción de N y el metabolismo de las plantas (Andrews *et al.*, 2004); uno de los principales de utilizar es el EUN en plantas para el consumo humano con el fin de reducir los niveles foliares de NO_3^-. El hierro (Fe) es un elemento esencial para las plantas y pudiera ser una fuente limitante para el crecimiento de las plantas en diferentes ambientes. Un requerimiento para Fe ha sido establecido en procesos redox en fotosíntesis y respiración, en la síntesis de clorofila, en la reducción de N_2 y de NO_3^- a NH_4^+, en la asimilación del NH_4^+ por la ruta glutamina sintetasa-glutamato sintasa en las plantas (John y Rave, 1988). Existe escasa literatura sobre este tema, por lo que el objetivo del presente trabajo fue analizar la influencia de diferentes dosis de quelato de Fe versus sulfato de Fe sobre la producción de biomasa y la eficiencia de uso de N en plantas de frijol ejotero.

Materiales y Métodos

Manejo del cultivo y diseño experimental

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 de 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 completa de Hoagland (pH 6.0-6.1), la cual fue renovada cada 3 días y estuvo compuesta de: 6 mM de NH_4NO_3, 1.6 mM de K_2HPO_4, 2.4 mM de K_2SO_4, 4.0 mM de $CaCl_2$•$2H_2O$, 1.4 mM de $MgSO_4$, 5 µM de Fe-EDDHA, 2 µM de $MnSO_4$•H_2O, 1.0 µM de $ZnSO_4$•$7H_2O$, 0.25 µM de $CuSO_4$•$5H_2O$, 0.3 µM de $(NH_4)6Mo_7O_{24}$•$4H_2O$ 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 fueron quelatos y sulfatos de Fe; las concentraciones utilizadas fueron: 0, 25, 50 y 100 µM, que 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 para quelato y sulfato, con cuatro repeticiones por tratamiento.

Muestreo vegetal

Las plantas completas fueron muestreadas a los 60 días después de germinadas, en la etapa fenológica de desarrollo completo y madurez del fruto. Las raíces y hojas fueron lavadas tres veces con agua destilada y detergente no iónico al 1% (Wolf, 1982). Este material seco fue utilizado para fue utilizado para la cuantificación de la biomasa, nitrógeno total y orgánico, y nitratos. La producción de biomasa radical y foliar se obtuvo como un promedio de cada órgano estudiado, con base en materia seca. Para cada variable analizada se utilizaron cuatro repeticiones por tratamiento.

Análisis Vegetal

*Determinación de las formas nitrogenadas***.** La concentración de NO_3^- se analizó a partir de una extracción acuosa del material seco. El análisis de NO_3^- se realizó con el método de Cataldo *et al.* (1975). A 100 µM de la extracción acuosa se le añadió 0.4 mL de una solución a 10 % (p/v) de ácido salicílico en ácido sulfúrico al 96 %, y 9.5 mL de NaOH 2 N. La concentración de NO_3^- se cuantificó por colorimetría a una longitud de onda de 410 nm, cotejándola frente a una curva patrón de KNO_3 (50 a 500 µg ml^{-1}).

En relación al análisis de N orgánico (Norg), 0.15 g de material seco fue sometido a un proceso de mineralización. A 100 µl del mineralizado se le añadió 1 ml del reactivo A [8.5 % (p/v) de salicilato sódico + 0.06 % (p/v) de nitroprusiato sódico] y 1 ml del reactivo B [4 % (p/v) de NaOH + 0.625 % (p/v) de dicloroisocianurato sódico]; transcurridos 45 min se procedió a la medición colorimétrica a una longitud de onda de 630 nm, frente a una curva patrón de $(NH4)_2SO_4$ (0-20 µg ml^{-1}) (Krom, 1980; Baethgen y Alley, 1989). La concentración de N total (CNT) se obtuvo mediante la suma de las concentraciones de NO_3^- y de N orgánico (Norg). Las concentraciones de N orgánico y total fueron expresados en mg g^{-1} p.s.

La Acumulación de N Total (ANT) fue calculado multiplicando el CNT por la biomasa foliar en materia seca (Sorgona et al., 2006), los resultados fueron expresado como mg N.

La EUNt fue calculada como el cociente entre la biomasa foliar en materia seca y el valor de CNT (Siddiqi y Glass, 1981). Los resultados fueron expresados en mg N g^{-1} DW.

EUNt = Biomasa foliar total en base a material seca/CNT (1)

La EUNp fue calculada como el cociente entre ANT y la biomasa radicular en base a materia seca (RDW, Elliot y Läuchli, 1985), los resultados fueron expresados en mg N g^{-1} DW.

EUNp = ANT/RDW (2).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza. Para la diferencia entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de LSD a 95% (SAS, 1987). Los niveles de significación de ambos análisis fueron expresados como *, $p < 0.05$; **, $p<0.01$; ***, $p<0.001$ y NS (no significativo).

Resultados y Discusión

En trabajos previos se ha encontrado que la acumulación de biomasa es uno de los parámetros esenciales en la investigación sobre eficiencia de nutrientes. En plantas, el estrés negativamente afecta el crecimiento y desarrollo, y también genera especies de oxígeno reactivo (EOR), los cuales dañan numerosas macromoléculas y estructuras celulares. Consecuentemente, bajo condiciones adversas, uno de los más confiables y ampliamente usados indicadores del estrés en las plantas es la biomasa (Blasco et al., 2008). Nuestros resultados muestran que la acumulación de biomasa radicular y foliar revelan diferencias significativas dependiendo de la forma y dosis de aplicación de Fe (Tabla 1), siendo la forma sulfurada la que mejoró la acumulación de biomasa radicular y foliar en relación a la quelatada con un incremento del 30% y 10% respectivamente (Tabla 1). Además, en general la dosis de 50 µM de ambas formas de Fe fue la que destacó con la mayor acumulación de biomasa en ambos órganos en comparación con el control que fue el que presentó la menor acumulación de biomasa (Tabla 1) con incrementos superiores del 30% respectivamente.

La dosis de 50 µM de Fe fue la mejor dosis para eficientizar la producción de biomasa foliar, radical y producción (Figura 1) en plantas de frijol ejotero. Las dosis por debajo de 50 µM (0 y 25 µM), que se consideran como deficientes en Fe, disminuyeron el crecimiento radical y el crecimiento de la parte aérea. Por otro lado, la dosis por encima de 50 µM (considerado óptimo), es decir, la dosis de 100 µM de Fe, se podría considerar como dosis elevadas a tóxicas por la disminución que provocaron de crecimiento radical, biomasa foliar y la producción (Figura 1).

Las plantas absorben N del suelo en dos formas inorgánicas: NO_3^- y NH_4^+ (Chiallou et al., 1986), pero la absorción de NO_3^- es el principal factor que determina su posterior asimilación e integración en el metabolismo nitrogenado (Stitt, 1999). Por otro lado, la concentración de NO_3^- es importante en el crecimiento de las plantas para el consumo humano debido a que una alta ingesta de este nutriente pudiera ser peligroso para la salud humana y por lo tanto disminuye la calidad de los productos obtenidos (Santamaria, 2006). En nuestro experimento, se observó que a medida que aumentó la aplicación de Fe al medio de cultivo, se incrementó la concentración de NO_3^- (Tabla 1); la dosis de 50 µM de Fe en la forma de quelato y sulfato presentaron la máxima concentración con incrementos de 44% y 37% respectivamente, en relación al control (sin aplicación de Fe) en el que se encontró la mínima concentración de NO_3^-.

Los productos finales de la asimilación del N en las plantas son principalmente N orgánico (Norg) y la concentración de N total (CNT) (Barneix y Causin, 1996). Los presentes resultados muestran que estos compuestos nitrogenados se incrementaron con las dosis de Fe aplicado en las formas de quelato y sulfato, presentando las máximas concentraciones la dosis de 50 µM de Fe (Tabla 2) y las mínimas concentraciones en el control (sin aplicación). En cuanto a la concentración del N total, éste presentó el mismo comportamiento que el anteriormente descrito para el N orgánico (Tabla 2). Los máximos contenidos de estas formas nitrogenadas se registraron en la forma de sulfato de Fe.

Tabla 1. Influencia de la aplicación de diferentes dosis y formas de Fe sobre la biomasa radicular y foliar, y la concentración foliar de Fe y NO_3^- en plantas de frijol cv. Strike.

Dosis de Fe (µM)	Biomasa radicular	Biomasa foliar	Concentración de Fe	Concentración de NO_3^-
Sulfato de Fe				
0	2.40	24.54	263.79	0.2011
25	3.43	36.37	406.12	0.2695
50	4.49	38.28	543.86	0.3177
100	3.57	38.54	363.88	0.1233
Significación	*	**	***	*
Quelato de Fe				
0	2.40	24.54	263.79	0.2011
25	2.54	22.24	568.20	0.3365
50	3.45	34.72	872.66	0.3593
100	2.60	27.09	696.55	0.2386
Significación	*	**	***	*

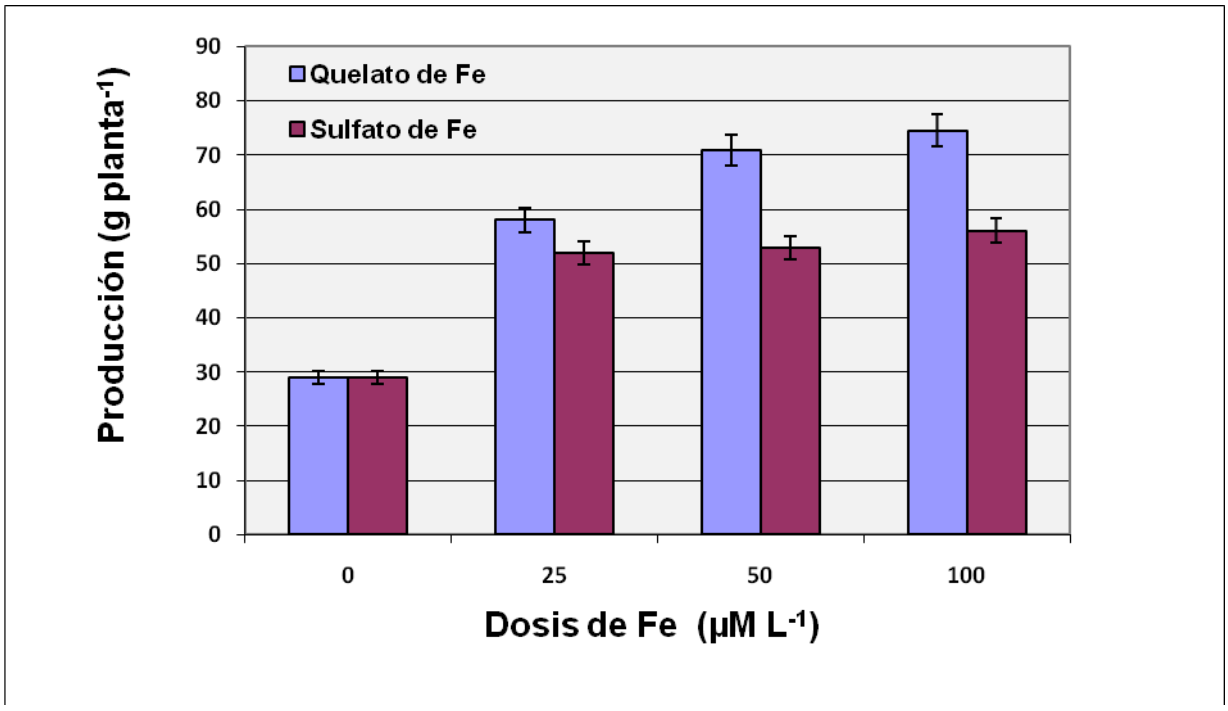


Figura 1. Efecto de la aplicación de diferentes dosis y formas de Fe sobre la sobre la producción expresada en g de p.s. en plantas de frijol ejotero cv. Strike. Los datos son medias ± error estándar (n=6).

Ante el aumento en el precio de los fertilizantes y el efecto de su uso excesivo sobre la contaminación del ambiente, en la actualidad, se hace más evidente la necesidad de aplicar los nutrientes de manera más racional. Así mismo, programas de mejoramiento genético enfocados a mejorar la EUN pueden ser benéficos desde una comprensión básica de la absorción y utilización de N, y también desde los aspectos socio-económicos de la aplicación de N, tales como reducción de riesgos ambientales y pérdidas económicas, así como, reducir problemas de salud pública (Lawlor, 2002). Aunque existen diversos factores que afectan el crecimiento del frijol, el N es un elemento determinante para el rendimiento de este cultivo.

Para el cultivo del frijol, el cual es altamente dependiente de la disponibilidad de N, aparte de conocer la concentración de NO_3^- y el N total reducido, estos son importantes para determinar los parámetros de EUN para ensayar los requerimientos de fertilizantes nitrogenados (Lawlor, 2002). En nuestro estudio, los datos analizados muestran un incremento en la acumulación de N Total (ANT) a medida que se fue aumentaron las dosis de aplicación de N (Tabla 2). Sin embargo, la mayor acumulación de N total (ANT) se presentó en la dosis de 50 µM de Fe en ambas formas (quelato y sulfato) la cual fue considerada óptima (Tabla 2).

Tabla 2. Influencia de la aplicación de diferentes dosis y formas de Fe sobre los indicadores de Uso Eficiente de Nitrógeno (UEN) en plantas de frijol cv. Strike. Los datos son medias (n=6), y los niveles de significancia están representados por * a P ≤ 0.05, ** a P ≤ 0.01, *** a P ≤ 0.001.

Dosis de Fe (µM)	N orgánico	CNT	ANT	EUpN	EUtN
Sulfato de Fe					
0	2.85	30.58	750.43	0.802	312.52
25	2.96	32.32	1175.47	1.125	342.27
50	3.24	35.66	1365.06	1.073	303.95
100	3.33	34.62	1334.25	1.113	373.23
Significancia	*	*	***	**	**
Quelato de Fe					
0	2.85	30.58	750.43	0.802	312.52
25	3.45	37.90	842.89	0.586	331.25
50	2.96	33.26	1154.78	1.043	334.02
100	3.13	33.77	914.82	0.802	351.44
Significancia	*	*	***	**	**

N orgánico (Norg) y concentración de N total (CNT) fueron expresados en mg g^{-1} DW; Acumulación de N total (ANT) fue expresado en mg N; Eficiencia de toma de N (EUpN) fue expresado en mg N g^{-1} DW; Eficiencia de utilización de N (EUtN) fue expresado en g^2 DW mg^{-1} N.

Por otro lado, la eficiencia de utilización de N (EUtN) fue aumentando a medida que se incrementó la dosis de aplicación de Fe tanto en la forma de quelato y sulfato, mientras que la eficiencia de toma de N (EUpN) presentó un comportamiento similar (Tabla 2). Estos parámetros de eficiencia están de acuerdo con los resultados encontrados en la producción de biomasa radicular y foliar, así como, con la producción (Tabla 1 y Figura 1), donde tanto las dosis deficientes de Fe (0 y 25 µM) y elevadas ó tóxicas de Fe (100 µM) disminuyeron la biomasa y producción, siendo más drástica con las dosis consideras tóxicas. No obstante, la dosis de 50 µM mejoraron la biomasa y producción, por lo cual se consideró óptima. Además, que esta misma dosis mejoró también la EUN. En cuanto a quelato y sulfato, la forma quelatada fue mejor en la producción de biomasa, rendimiento y en una mejor eficiencia de uso de nitrógeno.

Conclusiones

De acuerdo a los diferentes parámetros analizados en este trabajo, la aplicación de Fe afecto la EUN en plantas de frijol. La aplicación de dosis deficientes de Fe (0 y 25 µM) y elevadas ó tóxicas de Fe (100 µM) disminuyó la biomasa y producción, siendo más drástica con las dosis consideras tóxicas. No obstante, la dosis de 50 µM mejoró la biomasa y producción, por lo cual se consideró óptima. Además, que esta misma dosis mejoró también la EUN. En cuanto a quelato y sulfato, la forma quelatada fue mejor en la producción de biomasa, rendimiento y en una mejor eficiencia de uso de nitrógeno.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Fondo Mixto del Gobierno del Estado de Chihuahua-Conacyt, proyecto CHIH-2010-C01-148114.

Bibliografía

Andrews M, P J Lea, J A Raven, K Lindsey (2004) Can genetic manipulation of plant nitrogen assimilation enzymes result in increased crop yield and greater N-use efficiency? An assessment. Ann Appl Biol 145: 25-40.

Baethgen W E, Alley MM (1989) A manual colorimetric procedure of measuring ammonium nitrogen in soil and plant. Commun Soil Sci Plant Anal 20: 961-969.

Barneix A J, H F Causin (1996) The central role of amino acids on nitrogen utilization and plant growth. J. Plant Physiol. 149:358-362.

Blasco B, J J Rios, L M Cervilla, E Sánchez-Rodríguez, J M Ruiz, L Romero (2008) Iodine biofortification and antioxidant capacity of lettuce patential benefits for cultivation and human health. Ann Appl Biol 152: 289-299.

Cataldo D A, M Haroon, L E Schrader, V L Young (1975) Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 6:71-80.

Chiallou S, J F Morot-Gaudry, L Salsac, C Lesaint, E Jolivet (1986) Compared effects of NO_3^- and NH_4^+ on growth and metabolism on French bean. Physiol. Vég. 24: 679-687.

Deshpande S, S K Styhe, D K Salunkhe (1984) Interrelationships between certain physical and chemical properties of dry bean. Qual. Plant Foods Hum. Nutr. 34:53-65.

Krom M D (1980) Spectrophotometric determination of ammonia: a study of a modified berthelot reaction using salicylate and dichloroisocyanurate. Analyst. 105: 305-316.

Lawlor D W (2002) Carbon and nitrogen assimilation in relation to yield: mech8anism are the key to understanding production system. J Exp Bot 53: 773-787.

Lea P J, Azevedo R A (2006) Nitrogen use efficiency. I. Uptake of nitrogen from the soil. Ann Appl Biol 149: 243-247.

Mackown C T, T G Sutton, L P Bush (1990) Nitrogen compositional changes in xylem exudates and leaves of burley tobacco. Crop Sci. 30:133-138.

Mond R H, E J Kamprath, W A Jackson (1982) Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agron J 74: 562-564.

Raven J A (1988) The iron and molybdenum use efficiencies of plant growth with different energy, carbon and nitrogen sources. New Phytol. 109: 279-287.

Sánchez E, R M Rivero, J M Ruiz, 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 NH4NO3 application rates. Scientia Horticulturae 99: 237-248.

Santamaria P (2006) Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. Sci Food Agric 86: 10-17.

SAS (1987) SAS/STAT Guide for Personal Computers. Version 6; Statistical Analysis System Institute, Inc.: Cary, NC. pp:1028-1056.

Siddiqi M Y, A D Glass (1981) Utilization index: a modified phosphorous nutrition of eight forms of two clover species: *Trifolium ambiguum* and *T. repens.* J. Plant Nutr 4: 289-302.

Singh S P (1999) Production and utilization. *In:* Common Bean Improvement in the Twenty-First Century. Developments in Plant Breeding. Vol. 7. Kluwer Acad., Dordrecht. The Netherlands. pp:1-24.

Sorgona A, M A Abenavoli, P G Gringeri, G Cacco (2006) A comparison of nitrogen use efficiency definitions in citrus rootstocks. Sci. Hortic 109: 389-393.

Stitt M (1999) Nitrate regulation of metabolism and growth. Curr. Op. Plant Biol. 2:178-186.

von Wirén N, S Gazzarrini, W B Frommer (1997) Regulation of mineral nitrogen uptake in plants. Plant Soil 196:191-199.

Wolf B (1982) A comprehensive system of leaf analysis and its use for diagnosis crop nutrients status. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 13:1035-1059.

EFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS Y MICORRIZA EN LA PRODUCCIÓN DE PEPINO (*Cucumis sativus* L.) EN MALLA SOMBRA

Vázquez Vázquez, C.1§; Cervantes Vázquez, T. J. Á.1; Salazar Sosa, E.2; Orona-Castillo, I.1; Gallegos-Robles, M. Á. 1; Figueroa Viramontes, R.1.

[1]Facultad de Agricultura y Zootecnia (FAZ) de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED). [2]Instituto Tecnológico de Torreón (ITT) DEPI, Torreón, Coahuila, México.
§ Autor de contacto: E-mail: cirvaz60@hotmail.com

Resumen

En el presente trabajo se evaluaron el estiércol solarizado vacuno y vermicomposta en la producción de pepino en casa sombra, con y sin la inoculación de micorriza, el cual se estableció durante el ciclo agrícola verano - otoño 2011, en la casa sombra (FAZ-UJED), bajo un diseño completamente al azar. La unidad experimental consistió en bolsas de plástico de 11.5 L. Se aplico estiércol solarizado en las dosis de 3, 2 y 1%, vermicomposta en las dosis de 8 y 6%, siendo comparado con un fertilizante químico (180-50-00 N-P-K) y un testigo con y sin micorriza. Para el desarrollo radicular se encontró el mayor desarrollo se obtiene en el en el tratamiento de estiércol solarizado en la dosis de 3% inoculado con micorriza con un peso de fresco de 2.45 gr. Los mejores rendimientos fueron el tratamiento químico de 29.86 Ton ha^{-1} seguido del tratamiento con un 3 % de estiércol solarizado con un rendimiento de 23.66 Ton ha^{-1}. La mayor C.E. fue de 2.75 ds m^{-1} en el tratamiento de estiércol solarizado de 3% e inoculada con micorriza. Los valores más altos de Fosforo se encontraron en el tratamiento con vermicomposta en la dosis de 8% con una concentración de 11.83 ppm. La concentración final mayor de nitratos se encontró en los tratamientos de estiércol solarizado de 3% con 3.99 ppm e inoculada con vermicomposta. Los porcentajes de materia orgánica en todos los sustratos evaluados son en general muy pobres, sus rangos varían desde 0.81% hasta 0.86%.

Palabras clave: Estiércol solarizado vacuno, biomasa radicular, micorriza

Introducción

La Comarca lagunera es la cuenca lechera más importante del país, con más de 400,000 cabezas. Lo anterior deriva en mas de 1’000,000 de kg de estiércol base seca por día, por consiguiente es una fuente abundante de un abono orgánico, que este tiene que ser tratado y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación del suelo y del agua del acuífero (SAGARPA, 2000). Actualmente es común entre los productores aplicar más de 200 toneladas por hectárea (Ton ha^{-1}) de estiércol en forma continua (por año) al suelo ocasionando problemas serios de salinidad y a la sociedad principalmente. Una alternativa viable y de bajo costo es la lombricultura, biotecnología que utiliza la lombriz como herramienta de trabajo, para el manejo de desechos orgánicos, dando como resultado la vermicomposta. La malla sombraes una estrategia de producción que permite la protección de cultivos durante condiciones de estrés, que causan disminución de rendimiento. México es el segundo exportador mundial reportando en el 2007 con una producción de 428,379 t (FAOSTAD, 2009). En el 2009 se confirmó 300 hectáreas de cultivos en invernadero, siendo en su mayoría de tomate, pepino y pimiento morrón las que ya existen en los municipios de la Región Lagunera de Coahuila y Durango (SAGARPA, 2009). Se reporto que la superficie sembrada de pepino en el 2007 fue de 25.5 ha, con una producción 235,6 Ton ha^{-1} y un rendimiento de 9.82 Ton ha^{-1}, por lo que es de interés para realizar el estudio sobre esta hortaliza.

Materiales y Métodos

El trabajo de investigación se estableció durante el ciclo agrícola verano - otoño 2011, en la casa sombra de la Facultad de Agricultura y Zootecnia, División de Estudios de Posgrado (CAE-FAZ-UJED), la 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. Se encuentra ubicada entre los meridianos 102° 22' y 104° 47' longitud oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte. Antes y después del experimento se recolectaran muestras de los sustratos en cada una de las unidades experimentales con la finalidad de conocer las propiedades químicas de las mismas. La recolección de las muestras se llevaron a cabo manualmente colocando 1 kg de sustrato en bolsas de polietileno previamente etiquetadas para su identificación.

Posteriormente las muestras fueron llevadas al laboratorio de suelos de la FAZ-UJED para su análisis correspondiente.

Diseño experimental

La distribución de los tratamientos en malla sombra se realizo bajo un diseño completamente al azar, cada unidad experimental consiste en bolsas de plástico de 40x50 cm (11.5 L). Cada unidad experimental se le aplico estiércol solarizado en las dosis de 3, 2 y 1%, así como vermicomposta en las dosis de 8 y 6%, complementado con un suelo franco y con un 60% de arena (10.8kg), siendo comparado con un fertilizante químico (7.2 gr de MAP y 27.7 gr urea por unidad experimental) y un testigo con y sin micorriza. Los factores estudiados son los siguientes Factor A: A1= Sin micorrizas y A2= Con micorriza, Factor de exploración B: mezcla de arena, suelo, estiércol solarizado, vermicomposta.

Análisis estadístico del experimento

Los datos se analizaron con el software estadístico SAS, mediante un análisis de varianza (ANOVA) con base a un diseño de tratamientos completamente al azar, cuyo modelo es el siguiente:

$$\mathbf{Yijk = \mu + Tij + Eijk.}$$

Donde:

μ= media general **Eijk**= residual **Tij**= efecto de los tratamientos

Resultados Y Discusión

Con respecto al rendimiento se encontró diferencia estadística en el factor de abonos orgánicos solamente (Factor B), siendo el mejor tratamiento el químico con un rendimiento de 29.86 Ton ha^{-1} seguido del tratamiento con un 3 % de estiércol solarizado con un rendimiento de 23.66 Ton ha^{-1} como se puede observa en la figura 1, los resultados obtenidos con el estiércol solarizado se asimilan a los registrados en SAGARPA 2010 el cual es de un 33.41 Ton ha^{-1}. La concentración final mayor de nitratos se encontró en los tratamientos de estiércol solarizado de 3% con 3.99 ppm e inoculada con vermicomposta también existiendo una diferencia estadísticamente significativa para los factores de micorriza y abonos orgánicos así como la interacción de estos (figura 2). El tratamiento con vermicomposta inoculada con micorriza en la dosis de 8% obtuvieron valores medios finales más altos así como existe una diferencia estadísticamente significativa para la interacción de los abonos orgánicos y la micorriza en Fosforo con una concentración de 11.83 ppm. Los porcentajes de materia orgánica mostró diferencia estadística significativa para los factores como lo son los abonos orgánicos y la interacción de estos con la micorriza, en todos los sustratos evaluados son en general muy pobres, menores de 0.83%, esto indica que existe una mayor degradación de la materia orgánica incrementando la concentración de nitratos gracias a la mineralización de la MO (Castellanos *et al*., 1987). Para el desarrollo radicular se encontró que solo se tiene significancia estadística para el factor A correspondiente al efecto de la inoculación con micorriza observándose el mayor desarrollo en el en el tratamiento de estiércol solarizado en la dosis de 3% con un peso de fresco de 2.45 gr y un peso seco de 1.9 gr e inoculado con micorriza esto se observa en la figura 3, Díaz *et al*., (2008) también observaron que el mayor peso de

biomasa seca radicular, correspondió a tratamientos con micorriza. . La conductividad eléctrica (figura 4) muestra diferencia estadística para todos los factores como lo son los abonos orgánicos y la micorriza, la mayor conductividad eléctrica fue en el tratamiento de estiércol solarizado en la dosis de 3% con una conductividad de 2.75 ds m^{-1} e inoculada con micorriza, la C.E. fue para T4, T5 con valores de 2.75 y 2.43 dS m^{-1} respectivamente, estos rangos representan una disminución del 25 % del rendimiento del cultivo (Palacios y Aceves, 1970).

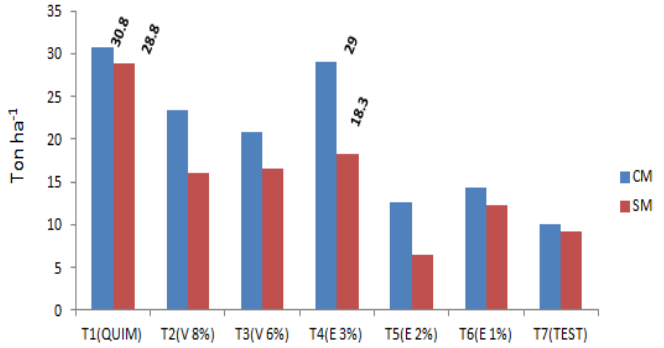


Figura 1. Comportamiento del rendimiento en el cultivo de pepino con y sin micorriza.

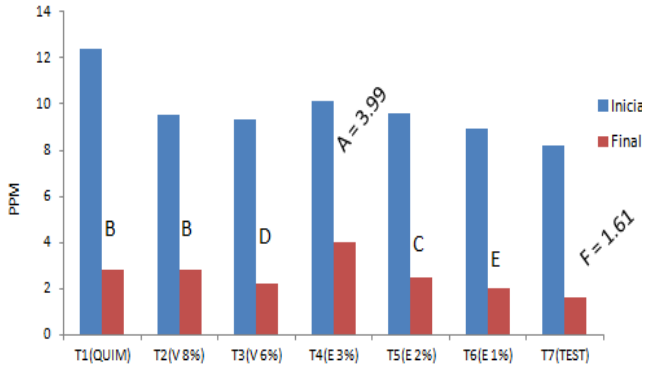


Figura 2. Comparación de medias de los análisis iniciales y finales de nitratos de los sustratos del cultivo de pepino con y sin micorriza

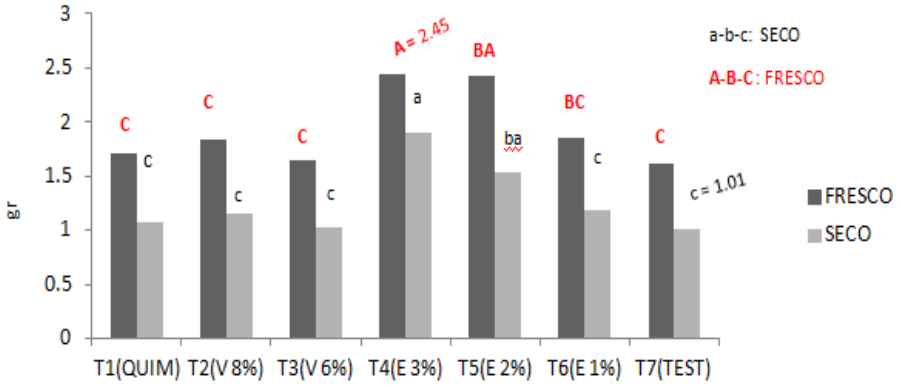


Figura 3. Comportamiento del peso húmedo y peso seco radicular en el cultivo de pepino con y sin micorriza.

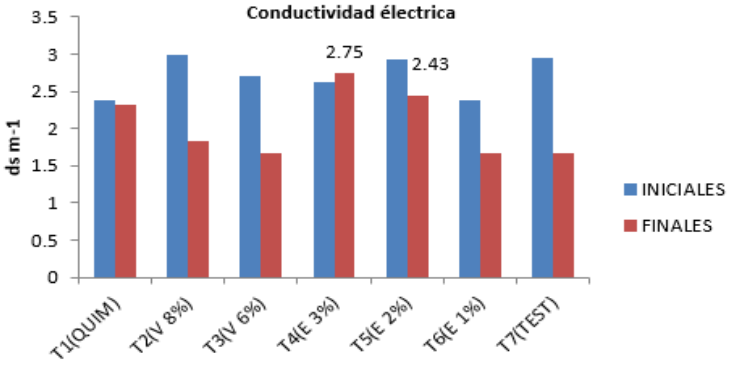


Figura 4. Comparación inicial y final de conductividad eléctrica de los sustratos del cultivo de pepino con y sin micorriza

Conclusiones

La concentración final mayor de nitratos se encontró en los tratamientos de estiércol solarizado de 3% con 3.99 ppm e inoculada con vermicomposta. La concentración final mayor de nitratos se encontró en los tratamientos de estiércol solarizado de 3% con 3.99 ppm e inoculada con vermicomposta. Con respecto al rendimiento los mejores tratamientos fueron el tratamiento químico con un rendimiento de 29.86 Ton ha^{-1} seguido del tratamiento con un 3 % de estiércol solarizado con un rendimiento de 23.66 Ton $ha^{-1.}$ Para el desarrollo radicular se encontró que el mayor desarrollo se obtiene en el en el tratamiento de estiércol solarizado en la dosis de 3% con un peso de fresco de 2.45 gr y un peso seco de 1.9 gr e inoculado con micorriza. El estiércol solarizado en la dosis 3 % con hongos micorrizicos dan beneficios a la planta, en cuestión de biomasa radicular y rendimiento, en comparación con el tratamiento químico.

Bibliografía

Castellanos J.Z. 1987. La utilización de los estiércoles en la Comarca Lagunera. Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey (IATEN). p. 11-19.

Díaz, M. R., A. Díaz F., I. Garza C. y A. Ramírez L. 2007. Brassinoesterioides e inoculación con *Glomus intraradices* en el crecimiento y la producción de sorgo en campo. Terra Latinoamerica. 25:77-83.

FAOSTAD, 2009. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN LA AGRICULTURA. http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor

FUNDACION PRODUCE COAHUILA, A.C. Agenda Tecnológica de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria del Estado de Coahuila 2009 2011 PAG 10,11. Disponible en http://www.cofupro.org.mx/Publicacion/Archivos/agenda05.pdf (online) (consulta, noviembre 04, 2010).

Palacios V., y Aceves N., E. 1 Instructivos para el Muestreo, Registro de Datos Interpretación de la Calidad 970. del Agua para Riego Agrícola. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

SAGARPA, 2009. Notificación al sol de la laguna por parte del delegado regional Ignacio Corona Rodríguez. http://www.oem.com.mx/laprensa/notas/n1424173.html

SAGARPA. Sistema de información agroalimentaria. 2010. Disponible en: http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php/agricultura/produccion-anual/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo.html

APLICACIÓN DE ALGAROOT Y ALGAENZIMS EN AGAVE TEQUILANA (Weber Var. Azul) Y SU EFECTO EN LOS HIJUELOS EN EL ESTADO DE GUANAJUATO

Reyes Ríos D. M.[1*]; Frías Hernández J. T.[1]; Francia Pérez D.[1]; Canales López B.[2] y Parra Negrete L.[1]

[1]División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca. Universidad de Guanajuato.
[2]Palau Bioquim, S.A. de C.V. Saltillo Coahuila.

*Autor responsable: doramrr@ugto.mx, dora_1579@hotmail.com

Resumen

La propagación por hijuelos de rizoma es la forma más práctica para una plantación de agaváceas. En el presente trabajo se realizó un estudio y evaluación sobre la aplicación a la base de la piña y al suelo de Algaroot^{MR} más Algaenzims^{MR} en uno y dos litros por ha^{-1}, a plantas en edad de 3 años de *Agave tequilana* Weber var. Azul, un año después se realizó la evaluación al experimento. El trabajo esta localizado en el predio la Caja, Municipio de Irapuato Gto. Los resultados con la mezcla de los dos productos incrementaron el número de hijuelos en más de un 80%, de manera individual el Algaenzims^{MR} genero un 25% más. En esta variable, los análisis de varianza presentan diferencia altamente significativa entre tratamientos con un coeficiente de variación de 18.7%. Sin embargo, las plantas testigo presentaron solo 2 o 3 hijuelos pero de mayor tamaño, esto también se registro solo con el Algaenzims^{MR} con 4 o 5 hijuelos. La finalidad de este trabajo fue la aplicación de los productos orgánicos y su efecto en el incremento del número de hijuelos además las variables físicas diámetro de piña y altura.

Palabras Clave. Hijuelos, sistema radical, rizoma y agave tequilana.

Introducción.

El tequila es un producto de reconocimiento internacional con un importante crecimiento en el mercado. La producción de Agave tequilana Weber variedad Azul, está regida por la norma internacional llamada Denominación de Origen Tequila (DOT) que desde 1974, esta determina las regiones similares con suelo, clima y cultura, donde se puede producir agave, con la finalidad de proteger el abasto y la calidad del tequila. (Bautista *et al.*, 2001). Los estados reconocidos con Denominación de Origen Tequila en el país son: Jalisco, Michoacán, Nayarit, Tamaulipas y Guanajuato. En este último están registrados siete municipios que son: Abasolo, Cuerámaro, Huanímaro, Manuel Doblado, Pénjamo, Purísima del Rincón y Romita. A nivel nacional la superficie con agave es de 162,388.89 Ha; sin embargo solo se cosecharon 15,880.20, Ha; en Jalisco, este estado representa el 61.78% con una plantación de 100316.3 Ha, le sigue Guanajuato con 15419.99 ha (9.50%) en tercer lugar esta Oaxaca con 14759 ha (9.09%). (SAGARPA - SIAP, Marzo 2012).El Agave tequilana W. se puede reproducir de forma sexual (por semilla) y asexual: por hijuelos de rizoma y bulbillos de la inflorescencia o quiote. Otra alternativa es la micropropagación o propagación *in vitro*. (Ramírez y Real. 2007). La propagación por semilla no es muy utilizada y suprime la floración en el cultivo. Además el agave tequilana tiene un bajo porcentaje de germinación, su crecimiento es lento y las plántulas generadas son muy heterogéneas. Los hijuelos de rizoma son los más comúnmente usados en el cultivo para el establecimiento de plantaciones, ha sido la única forma de propagación que se ha practicado por mucho tiempo, la ventaja es por la rapidez para obtener plántulas de buen tamaño y la cantidad de éstas producidas por planta. Por

otra parte, los bulbillos son hijuelos pequeños que emergen en el quiote, junto a las flores no fecundadas que caen posteriormente sin formar frutos, estos hijuelos no se utilizan en la propagación de material vegetativo para una plantación. (Ramírez y Real. 2007).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto mediante la aplicación del Algaroot^{MR} y Algaenzims^{MR} en el desarrollo y crecimiento de hijuelos en plantas de agave tequilana Wever Var. Azul.

Materiales y Métodos

El experimento se estableció en agosto del 2012 y la 1era evaluación se realizó el 15 de junio del 2013.

Localidad

El trabajo se desarrolló en una plantación de *Agave tequilana* Weber var. Azul en el predio "La Caja" propiedad del Ing. Marco Antonio Magdaleno Soto, ubicado en el Municipio de Irapuato Guanajuato. La plantación cuenta con 4 años de edad, la distancia entre hileras es de 3 m y 1.20 m entre plata y planta.

Descripción de los Productos empleados

AlgaEnzims^{MR}. Es un producto biológico a base de macro algas marinas y un complejo de microorganismos que en forma natural viven asociadas, especialmente las microalgas Cianophytas y microorganismos halófilos. Entre las funciones del producto es el complejo de elementos que contiene por que actúan como activadores de las acciones de las enzimas que las algas aportan, mismas que se potencian al propagarse los microorganismos vivos. (Villarreal. 2003). En el suelo, es un excelente mejorador de las propiedades físico-químicas, el efecto cementante estimula la formación de microagregados, una buena estabilidad estructural y propicia la formación de espacio poroso. (Reyes R. 1993). El AlgaRoot^{MR}. Es un regulador de crecimiento natural de aplicación al suelo y foliar, contiene giberelinas, citocininas y auxinas naturales contenidas como parte inherente de los extractos de las algas marinas (Sargassum spp.), Gobernadora (Larrea tridentata) y Agave (Agave spp.), además de elementos nutricionales inorgánicos. Mejora el desarrollo y crecimiento del sistema radical, produciendo raíces más grandes y fibrosas. www.palaubioquim.com.mx

Aplicación del producto

La aplicación de los productos se realizo el 2 de agosto del 2012 de forma manual con una mochila, fue directo a la base de la planta y suelo en una mezcla de 1 L/ha de Algaenzims^{MR} más 1 L/ha de Algaroot^{MR}, se seleccionaron al azar plantas mayores de una vara (una vara = 0.84 m); un segundo tratamiento fueron 2 L/Ha de Algaenzims^{MR}, la aplicación fue pareja en toda la parcela, también se tomo en cuenta un área testigo o control.

Diseño Experimental y tratamientos

Tratamiento 1. Testigo

Tratamiento 2. Mezcla de 1 L/ha de Algaenzims^{MR} más 1 L/ha de Algaroot^{MR}.

Tratamiento 3. 2 L/hectárea de Algaenzims^{MR}.

El diseño experimento fue un boques al azar con 3 tratamientos y 7 repeticiones en una superficie de 1 hectárea. La parcela útil es de 30 m x 67 m (2,010 m^2). La distancia entre plantas es de 1 m y entre hileras de 3 m. Fecha de aplicación: 2 de agosto del 2012.

Agroquímicos

Los agroquímicos que se han aplicado al cultivo durante los 2 y 3 años son:

Herbicidas: Gifosato 2 L/ha^{-1}, Esteron 1 L/ha^{-1}, Manzate Captan 1 kg/ha^{-1}, Hierbamina 1 L/ha^{-1}.

Insecticidas/Fungicidas: Cal micronizada 2.5 kg/ha^{-1}, Terramicina agrícola 0.5 L/ha^{-1}, bactrimicin agrícola 30X400 gr 6 L/ ha^{-1}ha, Brigadier 3% 20 kg/ ha^{-1}ha.

Fertilizantes: Urea Foliar 2.5 kg/ ha^{-1}, Super Urea foresta 10 L/ha.

Análisis de suelo

Aun no se ha realizado un análisis de suelo, después del periodo de lluvias se realizará un muestreo de suelos y cuantificación del numero de hijuelos debido a las precipitaciones empezaron emerger más hijuelos sobre todo donde de aplico la mezcla de Algaroot^{MR} con Algaenzims^{MR}.

Resultados y Discusión.

Número de hijuelos generados entre tratamientos

El análisis de varianza genero una diferencia altamente significativa entre tratamientos con un valor de F= 51.507, P>F= 0.000. En los bloques es para F=1.3692, P>F=0.302, SC=8.47625. El Coeficiente de Variación es de 18.71%. El CM Error=1.03174, GL del Error=12. La prueba de Medias de DMS con un nivel de significancia de 0.05 se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Prueba de DMS para el número de hijuelos

Tratamiento	Media	DMS = 0.05
2	8.5714	A
3	4.2854	B
1	3.4285	B
DMS= 1.1831		

Altura de hijuelos

El análisis de varianza genero una diferencia altamente significativa entre tratamientos con un valor de F= 3.7958, P>F= 0.069. En los bloques es para F=0.5089, P>F=0.733, El Coeficiente de Variación es de 19.02%. El CM del Error=79.2929, los GL del Error = 8. La prueba de Medias de DMS con un nivel de significancia de 0.05 se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Prueba de DMS para la altura de hijuelos.

Tratamiento	Media	DMS = 0.05
1	55.0400	A
2	45.7999	AB
3	39.62400	B
DMS= 12.98		

Diámetro de hijuelos

El análisis de varianza genero una diferencia altamente significativa entre tratamientos con un valor de F= 1.6330, P>F= 0.254, la SC=2.24148. En los bloques es para F=1.0744, P>F=0.430, SC=2.9494. El Coeficiente de Variación es de 16.19%. Las figuras 1, 2 y 3 presentan la distribución de los tratamientos en campo y los hijuelos generados.

Figura 1. Tratamiento 2: 1 L/ ha^{-1} de Algaroot + 1 L/ ha^{-1} Algaenzims.

Figura 2. Tratamiento Testigo

Figura 3. Tratamiento 2 L/ha^{-1} de Algaenzims

Conclusiones

La mezcla de 1 L/ha^{-1} de Algaroot^{MR} más 1 L/ ha^{-1} de Algaenzims ^{MR} incremento en más de 80% la cantidad de hijuelos respecto al testigo. La dosis de 2 L/ha^{-1} de Algaenzims^{MR} generó un 25% más de hijuelos con respecto al control. La mezcla de 1 L/ha^{-1} de Algaroot^{MR} más 1 L/ ha^{-1} de Algaenzims ^{MR} incremento la cantidad de hijuelos, más sin embrago, al encontrar mayor población la altura y diámetro de la piña fue mas bajo que el tratamiento 1 y 3. El tratamiento 1 y 3 presentaron un comportamiento similar con respecto al numero de hijuelos de 3 a 5 y más grandes en cuanto a la tura y diámetro de la piña con respecto a la mezcla de los dos productos orgánicos (tratamiento 2).

Bibliografía

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.

www.palaubioquim.com.mx

Ramírez V. I. y Real L. J. I., 2007. Conocimiento y practicas agronómicas para la producción de agave tequilana Wever en la zona de denominación de origen del tequila. INIFAP. Libro técnico N° 4

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.

SAGARPA - SIAP, Marzo 2012. www.siap.gob.mx

Villarreal S. J. A., 2003. Búsqueda del principio activo del extracto de algas marinas AlgaEnzims^{MR}. Universidad Autónoma de Coahuila. Facultad de Ciencias Químicas.

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CULTIVO SIMPLES Y COMPUESTOS EN EL VALLE DE PUEBLA, MÉXICO

Aceves Ruiz, E.[1]*; Olvera Hernández, J. I.[1]; Guerrero Rodríguez, J. de D.[1]; Alvarado Teyssier, R.[1]

[1]**Colegio de Postgraduados Campus Puebla.**

*Autor responsable: eacevesruiz@yahoo.com.mx;

Resumen

Se evaluaron diferentes sistemas de cultivo compuestos en las que se tuvieron las especies maíz, frijol de mata, frijol de guía y haba, durante el ciclo primavera-verano del 2010 bajo condición de temporal. El experimento se ubicó en San Pedro Tlaltenango, Puebla, bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Se encontró que de manera individual las especies involucradas en el estudio disminuyeron su rendimiento en los sistemas de cultivo compuesto en relación al obtenido como cultivo simple. Sin embargo, en el análisis en conjunto, se apreció que los sistemas de cultivo compuesto presentan mayor eficiencia productiva que los sistemas de cultivo simple.

Palabras clave: Sistema de cultivo; cultivo simple; cultivo compuesto

Introducción

México cuenta con una gran diversidad de agrosistemas originados por la amplia gama de condiciones edafoclimaticas y de manejo productivo que los productores dan a los cultivos. En relación a los productores Turrent (2010) distingue tres categorías: los empresariales, los tradicionales y los de subsistencia; cada una presenta características particulares en relación a tenencia de la tierra, nivel tecnológico, y en los sistemas de producción que practica. Los productores tradicionales y de subsistencia, se caracterizan por tener limitado acceso a tierra de labor, bajo nivel tecnológico e ingresos insuficientes (Soto et al. 2007; Villa Issa, 2008). Esta situación ha originado que este tipo de productores desarrollen sistemas de producción de uso intensivo de la tierra tanto en el eje del tiempo como del espacio, que les han permitido, con ciertas limitantes, satisfacer las necesidades alimenticias. Este sector de productores tiene una función importante en la producción de alimentos, que en el caso de México, llegan a producir el 50% de las necesidades de maíz y frijol, que se destina principalmente al autoabasto.

El tipo de sistema de producción que los productores tradicionales y de subsistencia han desarrollo, entran en la clasificación de cultivos compuestos propuesta por Andrews y Kassam (1976). Consiste en producir más de una especie de manera integrada en la misma superficie. Ávila (2010), Cortés, et al. (2007) y Rammers, (1993), indican que permite al productor prevenir riesgos climáticos y de mercado. En México y Centro América el sistema compuesto más conocido es el de la milpa; en ella se produce maíz con alguna de las especies como el frijol de guía, frijol de mata, haba, calabaza, chile, ajonjolí, chícharo y papa, entre otros. En el país, estos sistemas de cultivo se practican en zonas de temporal del centro y sur, debido al predominio de productores tradicionales y de subsistencia (Davis et al. 1984). Comparados con los sistemas de cultivo simples, los sistemas compuestos producen variaciones en el rendimiento de cada las especies involucradas en el mismo, que generalmente tienden a ser bajos; sin embargo, la rentabilidad por unidad de superficie es mayor. Las instituciones gubernamentales han desestimado esta situación buscando la modernización del campo, apoyando la producción de sistemas de cultivo simple con altos niveles tecnológicos, sin considerar sí las condiciones edafoclimáticas y socioeconómicas de los

productores son adecuadas para estos cambios. No obstante, muchos productores se han resistido al cambio y siguen cultivando los sistemas de cultivos compuestos. Por esta razón se llevó a cabo la presente investigación en la cual se evaluó la eficiencia relativa de la tierra (ERT) de los principales sistemas compuestos de producción que se practican en el Valle de Puebla y algunos propuestos con la finalidad de contar con conocimiento para recomendar a los productores los sistemas más eficientes.

Materiales y Métodos

La evaluación de los sistemas de cultivo compuesto se estableció bajo un experimento en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones en el ciclo agrícola P-V 2010 en condición de temporal en el municipio de San Pedro Tlaltenango, Puebla. Se evaluaron como cultivo simple al maíz, frijol de guía, frijol de mata y haba; como cultivos compuestos: Asociación Maíz-Frijol de guía (AMFg), Asociación Maíz-Frijol de mata (AMFm), Asociación Maíz-Haba (AMHa), Franjas alternas Maíz-Frijol de mata (FAMFm), Franjas alternas Maíz-Haba (FAMHa), Franjas alternas Asociación Maíz-Frijol de guía-Frijol de mata (FA(AMFg)Fm), Franjas alternas Asociación Maíz-Frijol de guía-Haba (FA(AMFg)Ha), Franjas alternas Asociación Maíz-Frijol de mata-Frijol de mata (FA(AMFm)Fm), Franjas alternas Asociación Maíz-frijol de mata-Haba (FA(AMFm)Ha), Franjas alternas Asociación Maíz-Haba-Frijol de mata (FA(AMHa)Fm) y Franjas alternas Asociación Maíz-Haba-Haba (FA(AMHa)Ha). El cultivo de maíz simple se sembró a 60 mil plantas por hectárea con dos plantas por mata, con la fórmula de fertilización 160-70-00, utilizando las fuentes urea y 18-46. Se aplicó ⅓de N y todo el P2O5 al momento de la siembra, el resto de N a los 50 días después de la siembra. El frijol de mata y frijol de guía como cultivo simple se sembraron a una densidad de 90 mil plantas por hectárea con un arreglo de dos plantas por mata.

La fórmula de fertilización utilizada fue la 60-60-00 con las fuentes urea y 18-46 y se aplicó todo el fertilizante al momento de la siembra. El haba como cultivo simple se sembró a una densidad de 60 mil plantas por hectárea. La fórmula de fertilización 60-60-00 se aplicó todo al momento de la siembra. Los cultivos asociados para todas las especies, se sembraron a una densidad de 40 mil plantas por hectárea, con una dosis de fertilización 80-60-00, aplicando ⅓ de N y todo el P2O5 al momento de la siembra, el resto de N en la segunda labor. El maíz utilizado fue el híbrido HS-2, el frijol de guía, frijol de mata y haba fueron semillas criollas de la región. El tamaño de parcela para los tratamientos de cultivos simple y asociaciones fue de 4 surcos de 5 m de largo y 0.9 m de separación, tomando como parcela útil los dos surcos centrales. Los tratamientos en franjas, la parcela constó de 8 surcos de 5 m de largo y 0.9 m de separación, tomando como parcela útil los 4 surcos centrales.

La eficiencia productiva de los sistemas se realizó con el índice de eficiencia relativa de la tierra (ERT), para hacer la comparación de producción entre sistemas de cultivo (Mead y Wiley, 1980). Para ello se utilizó la ecuación (1).

$$ERT=\sum Yi/Yii \qquad (1)$$

Donde:

ERT= Eficiencia relativa de la tierra

Yi= Rendimiento del i-ésimo cultivo como cultivo compuesto

Yii= Rendimiento del i-ésimo cultivo como cultivo simple

La ERT indica cuanta superficie hubiera sido necesaria para obtener con los cultivos individuales el mismo rendimiento que es obtenido en una unidad de superficie con el cultivo compuesto (Francis, 1986). Por ejemplo, sí se tuviera una ERT de 1.66, indica que se hubiera necesitado un 66% más de superficie para lograr con los cultivos individuales el mismo rendimiento obtenido por el compuesto. Se considera que si la ERT supera a la unidad, la siembra del cultivo compuesto se justifica.

Resultados y Discusión

En las Figuras 1, 2, 3 y 4, se muestra los rendimientos relativos de las especies evaluadas en cada sistema de cultivo. Se encontró que el rendimiento en los sistemas de cultivo compuesto de todas las especies evaluadas disminuyó, excepto el haba, en el sistema franjas alternas maíz-haba. Las disminuciones en rendimiento para el caso de maíz se encuentran entre 3.5 y 32.3%, siendo este cultivo más afectado en su rendimiento en el sistema Asociación Maíz- Haba y menos afectado en el sistema Franjas alternas Maíz- Frijol de mata. Al respecto Esquivel (1976) reporta que el frijol de guía en asociación con maíz redujo el rendimiento de este cultivo en 48%; en tanto que Laing (1978) encontró disminuciones en el rendimiento de maíz de 44.5 y 50.5%. En relación al comportamiento del frijol de mata, frijol de guía y haba, se encontró que para el caso del Fm, la disminución del rendimiento se encuentra entre 14.6 y 70.2%, en el Fg entre 33.8 y 65.0%, en tanto que en el haba la afectación en el rendimiento fue entre 0 hasta 72.7%. De manera general se puede mencionar que estas variaciones en rendimiento de las diferentes especies involucradas en el sistema de cultivo compuesto se deben a la competencia que se da entre las especies por nutrientes, luz y agua. Sin embargo, a pesar de que el rendimiento individual de cada una de las especies disminuyó en los sistemas de cultivo compuesto, la eficiencia productiva por superficie de cultivo evaluada con el índice de eficiencia relativa de la tierra (ERT), en todos los sistemas de cultivo compuesto fue superior a los sistemas de cultivo simple (Cuadro 1). Esto nos indica que es más conveniente cultivar las especies involucradas en el estudio con cualquiera de los cultivos compuestos evaluados. Por otro lado, se encontró que la eficiencia de cada uno de los sistemas de cultivo compuestos fue diferente, desde aquellos que casi duplican a los sistemas de cultivo simple [FA(AMFm)HA, FA(AMHa)FM y FAMHA] hasta aquel en que su ERT es muy cercano a 1 (AMHA). Los resultados indican que los sistemas que se deben de recomendar son los más eficientes, los de mayor ERT; pero debe de considerarse la disponibilidad de mano de obra con que cuenta el productor, a mayor cantidad de especies en el sistema de cultivo compuesto se requieren de mayor cantidad de jornales.

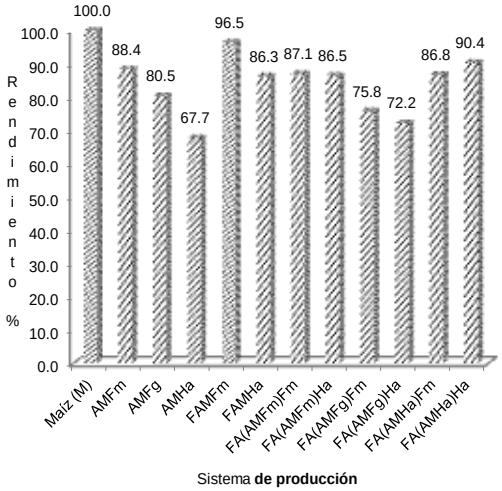


Figura 1. Rendimiento relativo del cultivo de maíz en los diferentes sistemas de cultivo compuesto.

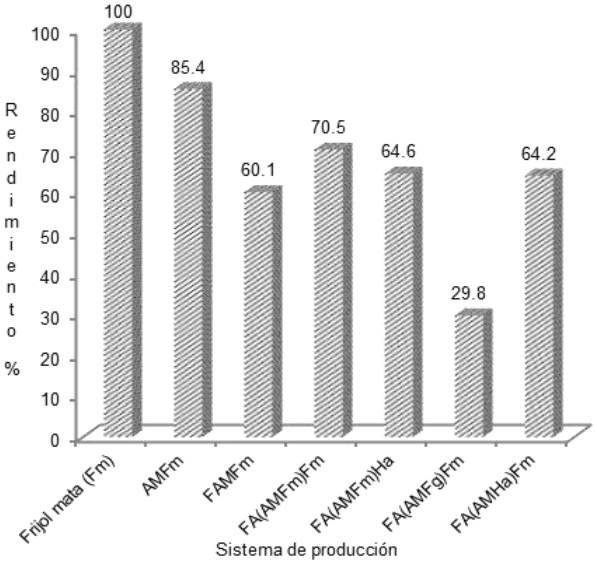


Figura 2. Rendimiento relativo del cultivo de frijol de mata en los diferentes sistemas de cultivo compuesto

Conclusiones

El rendimiento individual de cada una de las especies evaluadas disminuyó en los sistemas de cultivo compuesto con respecto al obtenido como cultivos simples. Los sistemas de cultivo compuesto presentaron mayor eficiencia productiva que los sistemas de cultivo simple, por lo que es más recomendable que los cultiven los pequeños productores.

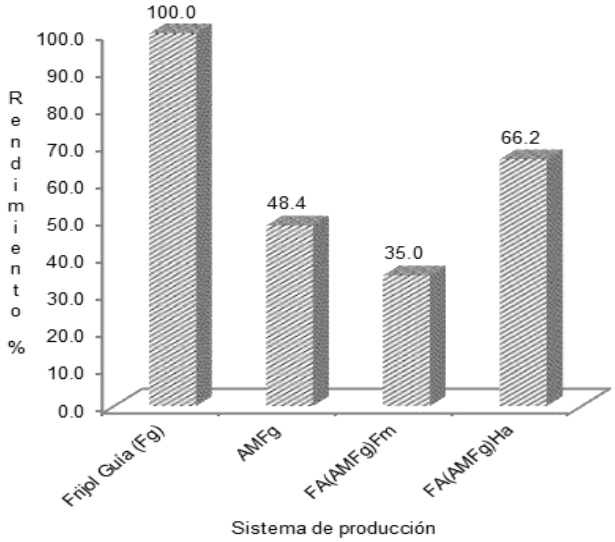


Figura 3. Rendimiento relativo del cultivo de frijol de guía en los diferentes sistemas de cultivo compuesto.

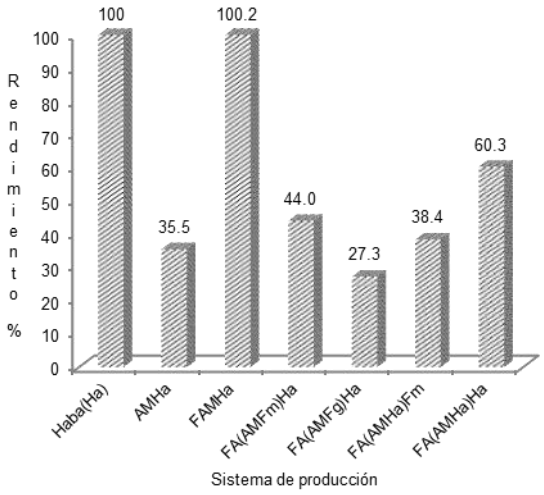


Figura 4. Rendimiento relativo del cultivo de haba en los diferentes sistemas de cultivo compuesto.

Cuadro 1. Rendimiento absoluto y eficiencia relativa de la tierra de los sistemas de cultivos simples y compuestos evaluados en San Pedro Tlaltenango, Puebla.

Sistema de Producción	Rendimientos absolutos (t ha^{-1})								Eficiencia relativa de la tierra parcial (ERTP)				ERT
	Cultivo simple				Cultivo Compuesto								
	M	Fm	Fg	Ha	M	Fm	Fg	Ha	M	Fm	Fg	Ha	
Maíz (M)	11.534	-	-	-	-	-	-	-	1.000	-	-	-	1.000
Frijol mata (Fm)	-	2.413	-	-	-	-	-	-	-	1.000	-	-	1.000
Frijol Guía (Fg)	-	-	2.321	-	-	-	-	-	-	-	1.000	-	1.000
Haba(Ha)	-	-	-	0.411	-	-	-	-	-	-	-	1.000	1.000
AMFm	-	-	-	-	10.200	2.061		-	0.884	0.854	-	-	1.738
AMFg	-	-	-	-	9.282	-	1.124	-	0.805	-	0.484	-	1.289
AMHa	-	-	-	-	7.810	-	-	0.146	0.677	-	-	0.355	1.032
FAMFm	-	-	-	-	11.135	1.450	-	-	0.965	0.601	-	-	1.566
FAMHa	-	-	-	-	9.958	-	-	0.412	0.863	-	-	1.002	1.866
FA(AMFm)Fm	-	-	-	-	10.044	1.701	-	-	0.871	0.705	-	-	1.576
FA(AMFm)Ha	-	-	-	-	9.975	1.559	-	0.181	0.865	0.646	-	0.440	1.951
FA(AMFg)Fm	-	-	-	-	8.746	0.72	0.813	-	0.758	0.298	0.350	-	1.407
FA(AMFg)Ha	-	-	-	-	8.330	-	1.537	0.112	0.722	-	0.662	0.273	1.657
FA(AMHa)Fm	-	-	-	-	10.010	1.548	-	0.158	0.868	0.642	-	0.384	1.894
FA(AMHa)Ha	-	-	-	-	10.425	-	-	0.248	0.904	-	-	0.603	1.507

Donde: ERT=Eficiencia relativa de la tierra, AMFg= Asociación Maíz-Frijol de guía, AMFm= Asociación Maíz-Frijol de mata, AmHa=Asociación Maíz-Haba, FAMFm=Franjas alternas Maíz-Frijol de mata, FAMHa= Franjas alternas Maíz-Haba, FA(AMFg)Fm=Franjas alternas Asociación Maíz-Frijol de guía- Frijol de mata, FA(AMFg)Ha=Franjas alternas Asociación Maíz-Frijol de guía-Haba, FA(AMFm)Fm=Franjas alternas Asociación Maíz-Frijol de mata-Frijol de mata, FA(AMFm)Ha=Franjas alternas Asociación Maíz-frijol de mata- Haba, FA(AMHa)Fm=Franjas alternas Asociación Maíz-Haba-Frijol de mata, FA(AMHa)Ha=Franjas alternas Asociación Maíz-Haba- Haba.

Bibliografía

Andrews, D.J. and A.H. Kassam. 1976. The importance of multiple cropping in increasing World food supplies. *In*: Papendick, R.I., Sánchez, P.A. and G.B. Tripeltt (Eds.). Multiple Cropping. ASA Spec. Publ. 27. pp.1-10

Ávila, B.C.H. (2010). La agricultura tradicional y la conservación de recursos naturales en México. Este país 226: 46-50.

Cortés, F.J.I., F.A. Turrrent, P. Díaz, L. Jiménez, E. Hernández y R. Mendoza. 2007. La milpa intercalada en árboles frutales (MIAF), una tecnología multiobjetivo para pequeñas unidades de producción. *En*: José Luis calva (Coord.). Agenda para el desarrollo Agropecuario Forestal y Pesquero. Porrúa, México. Vol 9. pp 100-116.

Davis, H.C.J., V.L. Ortiz and C. Pino. 1984. Effect of growth habit of beans on tolerance to competition from maize when intercropped. Crop Sci. 24: 751-755.

Francis, C.A. 1986. Introduction: Distribution and importance of multiple cropping. *In*: Francis C.A. (Ed.), Multiple Cropping Systems. Macmillan, New York, pp. 1–19.

Esquivel, A.C. 1976. Evaluación de variedades de frijol y maíz en el cultivo de asociación maíz frijol en la parte baja de la zona dos del área del plan puebla. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, Edo. de Méx. México. 136 p.

Laing, D.R. 1978. Competencia en los sistemas de cultivo asociados maíz-frijol. CIAT-RASF 5:85-86.

Rammers, G. G. A. (1993). Agricultura tradicional y agricultura ecológica: vecinos distantes. Agricultura y sociedad 66: 201-220.

Soto, B.F., M. Rodríguez, F.Y.C. Falconi. 2007. Política para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. FAO. Santiago de Chile.

PRODUCCION DE NOPAL VERDURA *Opuntia ficus–indica* (L.) Mill. CON GALLINAZA EN ZUAZUA, NUEVO LEÓN, MÉXICO

Almaguer Sierra, P.[1]*; Rodríguez Fuentes, H.[2]; Barrientos Lozano, L.[1]; Mora Ravelo, S.G.[1]

[1]Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria. Cd. Victoria Tamaulipas, México
[2]Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Escobedo, N. L., México
*Autor de contacto: almaguersp@yahoo.com; 20 de Noviembre Norte Núm. 408, Centro. CP 87000. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. Tel. +834 3125370.

Resumen

En ecosistemas de tierras áridas y semiáridas los sistemas de producción intensiva son importantes, cuando se busca los usos eficientes del agua y nutrimentos a través de la fertilización orgánica. El nopal verdura es un cultivo de importância econômica y nutrimental para estas zonas. En el noreste de México, pocos son los trabajos sobre sistemas intensivos de producción de nopal orgánico para verdura, atendiendo esta necesidad, el objetivo de este trabajo fue: i) Evaluar el efecto de “Gallinaza” en la producción de nopal verdura. La investigación se realizó, en la Finca “Zu-nopalito”, Nuevo León, México. El suelo es un Xerosol háplico. La calidad del agua que se usó para riego es C_4S_1 45. Se aplicó sobre el terreno de siembra “Gallinaza” deshidratada y homogenizada El cultivo fue nopal para verdura [Opuntia ficus-indics (L.) Mill.], se usaron cladodios (penca madre) de la variedad “Villanueva”, de seis meses de edad, con una densidad de población de12 plantas m^{-2} en camas de siembra de 1.3 x 100 m, con cuatro surcos, dejando calles entre camas para una población final de 60 000 plantas ha^{-1}. Las variables evaluadas fueron Peso fresco y materia seca. Para el Análisis estadístico se utilizó el programa estadístico SPSS 15.0 Inc. Los mejores rendimientos se presentaron en los meses de marzo a junio, con una producción máxima de 92.22 t ha^{-1} y 3.97 t ha^{-1} de peso fresco y materia seca respectivamente en el mes de mayo. La producción de brote tierno se detuvo completamente de diciembre a febrero. Los rendimientos obtenidos se atribuyen a la densidad adecuada de plantas, a la disponibilidad de agua y nutrimentos que tuvo el cultivo durante todo el período de estudio.

Palabras clave: Orgánico; cladodio; rendimiento

Introducción

El nopal pertenece a la familia *Cactaceae,* se caracteriza por sus hojas modificadas llamadas cladodios (Flores-Valdez, 2003). Está representado por 74 especies y 14 subespecies del subgénero *Opuntia (*Bravo Hollins, 1978*),* dentro de este subgénero hay 10 o 12 especies utilizadas por el hombre como nopal verdura (brotes tiernos) (Saénz-Henández, 2006). Como alimento el nopal proporciona grandes cantidades de antioxidantes, fibras, minerales, nutrientes y vitaminas. A los nopales también se le atribuyen propiedades no solo nutrimentales, sino anticancerígenas, antidiabéticas, para el control de peso y como una excelente fuente de calcio. Por ello, se han comercializado diversos productos derivados del nopal como cápsulas, harinas, tortillas, jugos y otras mercancías industrializadas. Por lo que, esta cactácea ofrece cualidades muy sobresalientes para los productores. El nopal se adapta a climas diversos además de reconocerse como una planta mejoradora del ambiente al demandar cantidades importantes de CO_2 y liberar oxígeno (Saénz-Henández, 2006). Flores-Hernández *et al.* (2004) y Orona-Castillo *et al.* (2002) mencionan que el cultivo del nopal, es una excelente alternativa para las regiones áridas y semiáridas de México y representa un recurso importante para la diversificación de cultivos (Pareek *et al*., 2003; Singh, 2003). México es el principal productor mundial de nopal con el 95%, pero solo exporta el 5% del consumo global, mientras que tan solo 10 % importa. El rendimiento de este cultivo depende de las condiciones edafoclimáticas en las que se establezca. El Sistema de Información Agroalimentaria y

Pesca (SIAP, 2011), reporto que en el 2010 la superficie cultivada de nopal verdura era de 12,472.59 ha con una producción de 723,815.42 ton, lo que arrojo un ingreso de 1, 671,212.70 miles de pesos.

En los países desarrollados la demanda por alimentos orgánicos ha crecido a tasas hasta de un 20% promedio anual en los últimos años. No obstante, México es productor de alimentos orgánicos (Gómez y Gómez, 2004). Este elevado crecimiento se atribuye fundamentalmente a una mayor preocupación de los consumidores por el cuidado de la salud y el medio ambiente.

En México, Gómez Cruz, (2005) reporta 5,039.07 ha orgánicas de nopal tuna, verdura, xoconostle y lechuguilla, aunque la superficie orgánica total reportada en México asciende a 2,169,161.00 ha certificadas en nuestro país. (Rendón M. 2007). En diversas regiones de México algunos investigadores (Flores-Hernández *et al.,* 2004; Orona *et al.,* 2004; Murillo-Amador *et al.,* 2005; Blanco *et al.,* 2007; Ruiz-Espinoza, *et al*., 2008), han reportado trabajos en producción intensiva con nopal verdura, relacionando la producción de nopalito con: nutrimentos absorbidos, temperatura del aire, densidad de población, variedades, dosis de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, y tipos de sistemas de riego presurizado. En el noreste de México pocos son los trabajos sobre sistemas intensivos de producción de nopal orgánico para verdura; atendiendo esta necesidad, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de “gallinaza” deshidratada y homogenizada en la producción de nopal verdura.

Materiales y Métodos

Ubicación y características físicas del sitio

La presente investigación se realizó en la Finca “Zu-nopalito” ubicada en el km 3 de la carretera Zuazua-Marín, en Zuazua, Nuevo León, México. Localidad ubicada en las coordenadas geográficas: 25º 23’ latitud N y 100º 12’ longitud W, a una altitud de 393 msnm. El clima es extremoso, con una precipitación anual de 528 mm, temperatura media anual de 22ºC; temperatura máxima de 40ºC y temperatura mínima de 4ºC. El suelo de textura migajón arcilloso (Hidrómetro), pobre en materia orgánica y nitrógeno (1.16% y 0.06% Walkley-Black; Kjeldahl, respectivamente), Color en seco 5/4 10YR, Munsell), reacción pH = 8.3 (relación suelo-agua 1:2), excelente en P y K (86.4 ppm y 1,8 meq $100g^{-1}$ Olsen modificado, respectivamente) y una CE de 2.00 mS cm^{-1} a 25°C, no salino (extracto de saturación), La calidad del agua que se usó para riego es C_4S_1 que se traduce como salina baja en sodio. (Laboratorio de suelos, aguas y tejido vegetal de la Facultad de Agronomía de la UANL, en enero de 2008).

El material vegetal

El cultivo fue nopal para verdura [*Opuntia ficus-indics* (L.) Mill.], se usaron cladodios (penca madre) de la variedad “Villanueva”, de seis meses de edad, estos fueron previamente desinfectados en la base de la penca con caldo bórdeles (sulfato de cobre) y dejaron a la sombra durante un mes para favorecer su deshidratación.

Manejo del cultivo

Antes de la plantación, se aplicó sobre el terreno de siembra en el año 2004, 20 ton ha^{-1} de abono orgánico procesado “Gallinaza” deshidratada y homogenizada, incorporándola al suelo con rastra de discos. La composición química del abono “Gallinaza” se presenta en el Cuadro 1. En el año 2005 y antes de la siembra, se aplicaron cinco t ha^{-1} de este abono orgánico directamente en las camas de siembra. La densidad de población fue de12 plantas m^{-2} en camas de siembra de 1.3 x 100 m, con cuatro surcos, dejando calles entre camas para una población final de 60 000 plantas ha^{-1}. En los primeros dos años, al mismo tiempo que se cosechaba el brote tierno se daba una poda de formación de la estructura de la planta, definiendo dos niveles sobre la penca madre “orejas de ratón” (Figura 1) para cosechar el tercer nivel. Las labores culturales realizadas fueron: poda de sanidad, deshierbe realizados con maquinaria agrícola en las calles y en forma manual dentro de la cama de siembra, un sistema de control biológico fue usado para plagas (Hymenóptera: *trichogramma* sp), liberando diez sobres (1 g) ha^{-1} cada semana y para el control de enfermedades se usaron fungicidas de la línea orgánica (Bio-Die al 12%, Tricarboxilos vegetales). Se estableció

un sistema de riego permanente por goteo en cintilla doble por cama de siembra. El agua se extrajo de un pozo profundo con un equipo eléctrico de bombeo.

Cuadro 1. Composición química de la Gallinaza.

Parámetros	Análisis de la muestra intacta	Peso seco	Unidades	Nutrientes lb ton $^{-1}$	Límite de detención
NT	2.16	2.27	%	43.2	0.01
$N\text{-}NH_4^+$	0.28	0.29	%	5.6	0.001
$N\text{-}NO_3^-$	**n.d.**	**n.d.**	%	0	0.10
N_{org}	1.87	1.97	%	37.4	calculado
P (P_2O_5)	5.36	5.63	%	107.20	0.10
K (K_2O)	2.87	3.02	%	57.40	0.10
S	0.65	0.88	%	13	0.05
Ca	22.06	23.18	%	441.2	0.01
Mg	1.08	1.13	%	21.60	0.01
Na	0.52	0.53	%	10.40	0.01
Cu	40	42	ppm	0.10	20
Fe	1802	1894	ppm	3.60	50
Mn	514	540	ppm	1	20
Zn	229	314.20	ppm	0.60	1.0
Humedad	4.84	**n.d.**	%	**nd**	0.10
Sólidos totales	95.16	**n.d.**	%	1903.2	**nd**
Sales totales	**n.d**.	**n.d.**	**nd**	28.64	**nd**
pH	8	**n.d.**	**nd**	**nd**	**nd**
C total	18.32	19.25	%	**nd**	0.05
C/N	8.5:1	**n.d.**	**nd**	**nd**	**nd**
Cl	0.71	0.75	%	**nd**	0.02

n. d. = no detectado

Figura 1.- Estructura de la planta en “oreja de ratón” para cosechar los brotes del segundo nivel después de la penca madre.

Cada año esta nopalera fue evaluada por la empresa certificadora de cultivos orgánicos, Bioagricert América, S. de RL, de Uruapan, Michoacán, México. Otorgando a esta finca el código de control IT BAC 009552 y el certificado No. 01000/2009.

Muestreo de las variables a evaluar

Peso fresco y materia seca

Para realizar las evaluaciones de producción, se seleccionaron (marcaron) 120 plantas, bajo un diseño completamente al azar, con tres repeticiones de 40 plantas cada una, ubicadas en los surcos centrales de las camas (competencia completa) y buscando una homogeneidad en su estructura vegetal, es decir: penca madre con dos cladodios "oreja de ratón" en dos niveles, para cosechar los brotes tiernos o tercer nivel. La cosecha se realizó en las 120 plantas, después de que el brote alcanzó su tamaño comercia (longitud de 18 a 25 cm), para lo cual el corte se dirigió a la base de los brotes del tercer nivel después de la penca madre. Para estimar la producción (Peso fresco) los brotes fueron pesados en una báscula mecánica y secados (peso seco) en una estufa y pesados.

Análisis de laboratorio

Una vez que se secaron las muestra, se determinó el por ciento de humedad, y con ello se calculó la producción de materia seca por ha. Para el análisis estadístico se usó el SPSS 15.0 Inc.

Resultados y Discusión

La cosecha se realizó cada 20 días en promedio, durante el muestreo. La producción mensual de nopal verdura obtenida en peso fresco (PF) y materia seca (MS) (Cuadro 2), muestra que los mejores rendimientos se presentaron en los meses de marzo a junio, con una producción máxima de 92.22 t ha^{-1} y 3.97 t ha^{-1} de peso fresco y materia seca respectivamente en el mes de mayo, como reporta Robles y Macías (2005) quienes señalan que el máximo rendimiento se obtiene en mayo. Estos rendimientos son muy superiores a los mostrados por Orona-Castillo *et al,* (2004) para los mismos meses en la región de Gómez Palacios Durango. La producción de brote tierno disminuyo significativamente en los meses de julio a noviembre, mientras que en los meses de diciembre a febrero se detuvo completamente (datos no mostrados).

Cuadro 2. Producción mensual de nopal orgánico para verdura y oferta térmica del área de estudio en Zuazua, Nuevo León.

MESES	PF (t ha^{-1})	MS (t ha^{-1})	Tuckey (P<0.05)
Marzo	51.16	2.92	bc
Abril	47.82	2.44	bcd
Mayo	92.22	3.97	a
Junio	65.44	3.21	ab
Julio	33.79	1.49	c
Agosto	23.25	1.16	ce
Septiembre	19.79	0.97	de
Octubre	31.85	1.47	e
Noviembre	15.22	0.64	ce
Suma	**380.54**	**18.27**	
Promedio	**42.28**	**2.03**	
s±	**24.8**	**1.15**	

PF= peso fresco, MS= materia seca

La producción total (nueve meses) de nopal verdura fue de 380.54 t en peso fresco con una producción media mensual de 42.28 t ha^{-1}, esta producción es cercana a 47.49 y 45.9 t ha^{-1} (Orona-Castillo *et al.,* 2004 y Ruiz-Espinoza *et al.,* 2008) reportadas para Durango y Baja California Sur, con 30 000 y 90 000 plantas ha^{-1} y aplicaciones de 107 y 50 t ha^{-1} de estiércol bovino, respectivamente.

Estudios realizados en Caborca, Sonora reportaron que la aplicación de estiércol incrementa el rendimiento del nopal verdura superior a 25% que en donde no se aplicó (Robles 2006b). Por otra parte, la producción de materia seca mensual promedio para ese mismo periodo fue de 2.03 t ha^{-1}, valor inferior a 2.5 t ha^{-1} (Ruiz-Espinoza *et al.,* 2008) reportado para la región de Baja California Sur.

Los rendimientos altos de nopal verdura se atribuyen al sistema de producción intensiva, el cual incluyó una densidad adecuada de plantación (60 000 plantas ha^{-1}), como señala Luna (2001) quien reportó para altas densidades de plantación en bancales altos rendimientos. Otro factor que influyó en los rendimientos es la disponibilidad alta de agua y nutrimentos durante el período de estudio

(Orona-Castillo *et al*., 2002); el nopal es altamente eficiente en el uso del agua, con metabolismo ácido crasuláceo. La cutícula cerosa le ayuda a prevenir pérdidas de agua al medio ambiente; la densidad baja de estomas (generalmente de 20 a 30 mm^{-2}) (Pimienta-Barrios, *et al*., 1992) le permite que la pérdida de agua a la atmósfera sea relativamente baja. Las pencas presentan un volumen amplio parenquimatoso que actúa como reservorio de agua para el clorenquima, donde por la noche ocurre la fijación de CO2 y durante el día toma lugar la fotosíntesis.

Conclusiones

Los rendimientos de nopal verdura obtenidos estuvieron en función de la densidad adecuada de plantación a la disponibilidad alta de agua y nutrimentos. La producción máxima de peso fresco y materia seca fue en mayo. Los brotes tiernos no se presentaron en los meses de invierno.

Agradecimientos

Al CONACyT, a la Facultad de Agronomía de la UANL, al Instituto Tecnológico de Cd. Victoria y a la Finca Zu-nopalito, quienes apoyaron esta investigación.

Bibliografía

Blanco-Macías, F., Valdez-Cepeda, R.D., Ruíz-Garduño, R.R., Márquez-Madrid, M., Vázquez-Alvarado, R. E. y Magallanes-Quintanar, R. 2007. Nopalitos Intensive Production in Single and Double DugRaised Beds. VI International Congress on Cactus Pear and Cochineal. VI General Meeting of Cactusnet. 22-26 octuber. Joäo Pessao, Paraiba, Brazil.

Bravo, H. H. 1978. Las Cactacéas de México. Vol. 1. UNAM, México, D.F. 743p.

Flores-Hernéndez, A., Orona-Castillo, I., Murillo-Amador, B., Valdez-Cepeda R.D. y García-Hernández J.L. 2004. Producción y calidad de nopalito en la región de la Comarca Lagunera de México y su relación con el precio en el mercado nacional. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 6: 23-34.

Flores-Valdez, C. A. 2003. Importancia del nopal. In: Nopalitos y Tunas. C. A. Flores-Valdez. Universidad Autónma de Chapingo-CIESTAAM-Programa de Nopal. 1-18pp.

Gómez Cruz, M.A., R. Schwentesius R., L. Gómez Tovar y A.J. Lobato García. 2005**.** Agricultura orgánica en México: ¿Un verde panorama? III Encuentro Mesoamericano y del Caribe de productores, Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica Memoria de Resúmenes. 3 al 5 de Octubre Chapingo, México p. 8

Luna, V. J. 2001. Producción intensiva del nopal verdura. Folleto para productores N. 28. SAGARPA-INIFAP, CIRNE-Campo Experimental Palma de la Cruz, San Luis Potosí, S.L.P, México. 14.

Murillo-Amador, B., Rivera-González, M., Martínez-Rodríguez, J.G. y García-Gallegos, E.A. 2005. Producción estacional de nopal verdura (*Opuntia* spp.) bajo riego por goteo en una región agrícola de México. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 7: 84-96.

Orona-Castillo, I., Rivera-González, M., Troyo-Diéguez, E., Espinoza-Arellano, J.J., Flores-Hernández, A. 2002. Productividad del agua en nopal (*Opuntia* spp) bajo riego por goteo. Folleto científico No. 12. INIFAP CIBNOR – SIMAC. Gómez Palacio, Durango. México.

Orona, C.I., Cueto, W.J.A, Murillo, A.B, Santamaría, C.J., Flores, H.A, Valdez, C.R.D., García, H..J.L. y Toyo, D.E. 2004. Extracción nutrimental de nopal verdura bajo condiciones de riego por goteo. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 6: 90-101.

Pareek, O.P., Singh, R.S. y Vashishtha, B.B. 2003. Performance of cactus pear [Opuntia ficus-indica (L.) Mill.] clones in hot arid region of India. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 7:121-130.

Rendón, M. R. 2007. Prospectiva de la producción orgánica. Del crecimiento exponencial al ordenamiento gerencial. 6ª Exporgánicos y 2° Foro Internacional Retos y Oportunidades para los Productores Orgánicos.

Robles, C. F. y R. Macías D. 2005. Evaluación de Cultivos Potenciales de Bajo Requerimiento de Agua para el Noroeste de Sonora. Informe Anual de Proyecto de Investigación. INIFAP-CIRNO CECAB, Fundación Produce Sonora

Robles, C. F., R. Macías D., R. L. Grijalva C. y M. J. Valenzuela R. 2006b. Validación del uso de estiércol en la producción de nopal verdura. Memorias: IX Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Universidad de Baja California, Instituto de Ciencias Agrícolas, Mexicali, Baja California, México. pp: 64-69.

Ruíz-Espinoza, F.H, Alvarado-Mendoza, J.F, Murillo-Amador, B, García-Hernández, J.L. Pargas-Lara, R., Duarte-Osuna, D.O, Beltrán-Morales, F.A. y Fenech-Larios L. 2008. Rendimiento y Crecimiento de Nopalitos de Cultivares de Nopal (Opuntia ficus-indica) bajo Diferentes Densidades de Plantación. Journal of the Professional Association for Cactus Development. 10: 22-35.

Saénz-Hernández. C. 2006. Los nopales como recurso natural. In: Utilización agroindustrial del nopal. C. Saénz, H. Berger, J. Corrales-García L. Galleti V. García de Cortázar, A. rodríguez- Felix, E. Sepúlved, M. T, Vamero (eds).Boletín de servicios agrícolas de la FAO. FAO, Roma, Italia. 1.6 p

Singh R.S. y Singh, V. 2003. Growth and Development Influenced by Methods of Cladodes in Cactus Pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] Journal of the Professional Association for Cactus Development. 5: 47-54.

Singh, G. 2003. General review of Opuntias in India. Journal of the Professional Assoc. for Cactus Development. 5:30-46.

Orona, C. I,. J. A. CuetoW., J. Santamaria C. B. Murillo A., E. Troyo D. y H. Flores. 2006. N, P and K removal by vegetable cactus pear cultivated with manure under drip on cactus pear and cochineal. Acta Horticulturae No. 728, ISHS. Mondragón,Aranda y Phippen (Eds.), pp: 193-198.

DISEÑO DE CRITERIOS E INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE LA DAMIANA SILVESTRE (*Turnera diffusa,* Willd.) EN LA DELEGACIÓN EL CARRIZAL, B. C. S.

Monroy Ceseña, M. A. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México

*Autor responsable: Marco Antonio Monroy Ceseña; Calle Isla San Marcos Núm. Sin número, Col. Tabachines. Ciudad, Estado. Baja California Sur País: México. CP 23084; Tel. 612 14 1 16 37

Resumen

En la delegación *El Carrizal*, municipio de La Paz, Baja California Sur, se realizó una caracterización de las dimensiones socioeconómicas, ambiental y agrosocial de los sistemas de aprovechamiento de damiana silvestre con el propósito de diseñar un conjunto de criterios e indicadores para el aprovechamiento sustentable de la damiana silvestre. Para lo anterior se caracterizaron los sistemas de aprovechamiento de damiana silvestre en los sitios de estudio a partir del *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad* (MESMIS) adaptado. El análisis de las características socioeconómicas se realizó con los datos del Censo de Población y Vivienda (2010) y con el Coeficiente de Localización de indicadores de Bienestar y de Empleo (CLBE). El análisis socioeconómico establece que los sitios en estudio caen en la categoría de *pobreza multidimensional*. Los sitios se distinguen por poseer un clima particular atribuida por los efectos de la Corriente de California, la disposición de las montañas y la circulación de los vientos y se caracterizan por presentar suelos arenosos con depósitos aluviales, claros y pobres en humus. Se observó que el aprovechamiento de la damiana silvestre procede del conocimiento empírico. Se observó que la comunidad más afectada fue *La Trinidad* la cual presentó un desempeño de regular a malo. Se sugiere crear zonas de emergencia o puntos críticos para el control de las poblaciones afectadas; más estudios en los aspectos psicosociales de los individuos para conocer su comportamiento relacionado con sus problemas de subsistencia.

Palabras clave: Aprovechamiento sustentable, indicadores de sustentabilidad, damiana silvestre.

Introducción

A pesar del gran impulso que ha tenido el cambio de paradigma en la relación del hombre con la naturaleza, persiste la depredación sobre los recursos naturales. En algunos países hay sistemas permitidos para la recolección de especies forestales silvestres, los cuales definen la cantidad de ciertas plantas que pueden ser recolectadas en una cierta área. En otros países no existen tales sistemas, o el sistema en el lugar no toma en cuenta la sustentabilidad (Instituto de Ecomercado, 2005). En México, existen normas institucionales que establecen criterios y especificaciones técnicas generales para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; no obstante, carecen de precisión ya que cada especie tiene características vegetativas y procesos de regeneración distintos. En general, existe poca información sistematizada sobre la cuantía, valor, los procesos de producción (manejo y conservación), comercialización e industrialización de estos productos forestales. Lo anterior, aunado a la temporalidad y variabilidad de su producción y mercados, generan un vacío de información que favorezca su conservación y el desarrollo de sus mercados (García-Peña, 2001).

En el Estado de Baja California Sur (B. C. S.) se ha demostrado de manera amplia el potencial económico que las especies forestales silvestres tienen en el mercado internacional y nacional; sin

embargo, se han presentado una serie de limitantes que han impedido el pleno desarrollo de esta actividad productiva. Estas limitantes se mencionan a continuación:

1) *Ineficientes esquemas de organización.*
2) *Inestabilidad en los volúmenes de oferta al mercado.*
3) *La extracción del recurso obedece a mecanismos de mercado y no de la capacidad regenerativa de la planta*.
4) *Nulo valor agregado de la materia prima.*

Aunado a esta situación, sigue incrementándose la demanda de este producto en el mercado nacional e internacional presionando a los recolectores a incrementar las cantidades recolectadas.

Por lo anterior, se considera que este sistema por sí mismo no es sustentable. Este estudio tiene por objetivo diseñar criterios e indicadores de sustentabilidad que permitan conducir el sistema hacia el aprovechamiento sustentable de la damiana silvestre en la delegación *El Carrizal*, B. C. S.

Materiales y Métodos

Con el propósito de hacer operativo el concepto de sustentabilidad se seleccionó el marco metodológico compatible con los objetivos del estudio y que además integra el mayor número de los criterios para dar lugar a indicadores robustos. Los criterios se mencionan a continuación: 1) que haga un análisis integrado del sistema; 2) que los indicadores sean cuidadosamente seleccionados y que estos reflejen la problemática del sistema; 3) que proporcione información sobre los procesos relevantes que tienen lugar en el sistema; 4) que delimite la escala temporal, espacial y de manejo; 5) que explique cómo reaccionan los sistemas frente a los cambios externos; 6) que no solo sugiera como un sistema puede ser sustentable, sino que también indique como puede permanecer en ese estado; 7) que contemple conceptos ecosistémicos como los de resiliencia y adaptabilidad; 8) que las evaluaciones contemplen todas las áreas del desarrollo sustentable (social, económica, ambiental e institucional); 9) que incluya fases de evaluación de indicadores de manera participativa; 10) que se encuentre respaldada por la literatura; 11) que sea capaz de optimizar el uso de información poco precisa; y 12) que estudie la relación del hombre con la naturaleza. Dados los criterios anteriores y considerando el conflicto presente entre el área socioeconómica y ecológica del sistema bajo estudio, se empleó el *Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad* (MESMIS) (Masera, Astier y López-Ridaura, 2000).

Resultados y Discusión

El análisis socioeconómico indica que los sitios en estudio caen en la categoría de *pobreza multidimensional*. Desde la óptica ambiental, los sitios se distinguen por poseer un clima particular atribuida a los efectos de la corriente de California, la disposición de las montañas y la circulación de vientos. De manera general, los sitios se caracterizan por presentar suelos arenosos con depósitos aluviales, claros y pobres en humus. En lo referente al análisis agrosocial, se observó que el aprovechamiento de la damiana silvestre procede del conocimiento empírico. La mayoría de los entrevistados coincide en una disminución paulatina en estas poblaciones, sumada con la falta de mecanismos efectivos institucionales, normativos e internos en el control y manejo de la especie. El valor de este recurso en el campo está condicionado por el intermediario, resultado de la escaza capacidad de negociación del recolector. Con respecto al desempeño sustentable de los sistemas que aprovechan esta especie, se observó que la comunidad más afectada fue *La Trinidad* la cual presentó un desempeño de regular a malo. Por otra parte, las investigaciones recientes que se han desarrollado alrededor de la problemática sobre el uso y manejo de la damiana silvestre, se han centrado en evidenciar el potencial económico de esta actividad productiva, así como en la búsqueda de la propagación de la especie mediante el desarrollo de técnicas tales como el cultivo por medio de estacas (Vázquez, 1993) y el cultivo de tejidos (Alcaraz, Real y Rodríguez, 2011), para de esta forma frenar el saqueo desmedido de las poblaciones silvestres de damiana a favor de la conservación y el uso racional de la especie. Sin embargo, se ha dado poca atención a los aspectos

psicosociales que se ocupen de estudiar al individuo en su entorno social, su comportamiento, los roles que desempeña y todas las situaciones que influyen en su conducta. Estos estudios ayudarán a conocer la forma de organización que adoptan estas comunidades con el fin de resolver sus problemas de subsistencia. De no encontrar soluciones que atiendan la condición económica de los pobladores beneficiarios de esta actividad productiva, en el corto o mediano plazo se corre el riesgo de que se tomen medidas parciales para atender problemas económicos particulares, tales como la venta de terrenos, básicamente en aquellos sitios donde se desarrolla la damiana. Estos terrenos generalmente son destinados para fines comerciales con orientación hacia actividades turísticas, por lo que su venta traería, consecuentemente, la alteración del ecosistema de la zona en desarrollo y la eliminación del hábitat de la especie

Cuadro 1. Indicadores de sustentabilidad para el aprovechamiento racional de la damiana silvestre.

Atributo	Criterio	Punto crítico	INDICADOR	Fórmula
Productividad	Eficiencia ambiental	Rendimiento de las poblaciones de damiana	1. Densidad total	Área media = (suma de dist/No de individuos muest)^2 Densidad total = Unidad de área / área media
			2. Tasa Bruta de Natalidad (TBN)	TBN = Plantas nacidas en 1 año / pobl total *1000
			3. Tasa Bruta de Mortalidad (TBM)	TBM = Plantas muertas en 1 año / pobl total *1000
			4. Tasa de Reposición (TR)	TR = Plantas muertas en un año / Población total promedio del sitio
			5. Rendim hojas secas en sitio (RHS)	RHS = Kg de material seco extraído por sitio * 0.20
	Eficiencia económica	Ganancias	6. Productividad de la Mano de Obra (PMO)	PMO = (∑ kg de material vegetativo por recolector * 0.20)/No de días
			7. Valor de Mercado (VM)	VM = $ damiana californiana / $ damiana exterior
			8. Integración a Mercados (IM)	IM = Convenios / contactos
			9. Eficiencia Laboral (EL)	EL = Valor de una CAR / precio de 1 kg hoja seca
Estabilidad, resiliencia, confiabilidad	Conservación	Generación de externalidades	10. Áreas con signos de erosión	Sin erosión, erosión leve y erosión moderada (%)
		Generación de empleos	11. Empleos Generados (EG)	EG = Número de recolectores/POCUP en localidad
		Criterios para la extracc sustent de la damiana	12. Plantas con madurez de cosecha	Cualitativa
		Educación ambiental	13. Porcentaje de Prácticas de Manejo bas en sentido común (PPM)	PPM = No de actividades basadas en el sentido común / total de actividades de aprovechamiento
		Perturbación sobre las poblaciones de damiana por efecto del manejo	14. Intensidad de perturbación (IP)	IP = Kg de material vegetativo cosechado, ó No de plantas muertas en el sitio
			15. Frecuencia de perturbación (FP)	FP = No. de cortes/ciclo productivo, ó Tiempo transcurrido de un corte al siguiente
			INDICADOR	Fórmula
			16. Introducción de nuevas tecnologías	Innovaciones introducidas en los últimos tres años
			17. % de recolectores capacit (PRC)	PRC = Total recolectores/recolectores capacitados
			18. Eficiencia de participación social	Cualitativa
			19. Eficiencia de la Participación Institucional sobre el recurso cosechado (EPI)	EPI = t hojas secas cosechadas con innovación – t de hojas secas cosech sin innov, ó No de modificaciones en los patrones de conducta
			20. Nivel de Organización (NO)	NO = Iniciativas comunitarias gestionadas/número de iniciativas instrumentadas por año
			21. Dependencia del Exterior (DE)	DE = Costo de insumos obtenidos exterior/costo de insumos internos

. En este tipo de aprovechamientos, el ejido tendrá un papel preponderante para gestionar hacia el exterior mecanismos para activar el estatus económico de estas comunidades rurales y desarrolle su educación hacia la conservación y aprovechamiento racional de sus recursos. Se sugieren estudios para validar los criterios, procedimientos y especificaciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-007-RECNAT-1997 de observancia general para el aprovechamiento, transporte y almacenamiento de los recursos forestales no maderables, sobre la sustentabilidad de la damiana silvestre.

Bibliografía

Alcaraz M.; Real C., S. y Rodríguez, A., M. 2011. Manual de procedimiento para la propagación y el cultivo de damiana (*Turnera diffusa,* Willd.). Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). México.

García-Peña, E. 2001. Marco Institucional, Normativo y Político para el manejo y comercialización de productos forestales no maderables en México. http://quin.unepcmc.org/forest/ntfp/cd/9_Policy_background_ papers/a: Marco_ Institucional_ Mexico_PFNM.pdf 2 de agosto de 2008.

Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI). 2012a. Censo de población y vivienda 2010. http://www.inegi.org.mx 08 de mayo de 2012.

Instituto de Ecomercado. 2005. Guidance manual for organic colletion of wild plants.
http://www.imo.ch/index.php?seite=imo_services_wildcolletion_es. 04 de julio de 2008.

Masera O., Astier M. y López-Ridaura. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada A.C. Mundi-Prensa México, S. A. de C. V. México.

Vázquez C., J. 1993. Guía para el establecimiento de plantaciones de damiana (*Turnera diffusa*, Willd.) en Baja California Sur. INIFAP.

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ CON FERTILIZACIÓN QUÍMICA, ORGANICA Y BIOFERTILIZANTES

Alvarado Teyssier, R.*; Aceves Ruiz, E.; Escobedo Garrido, J. S.; Guerrero Rodríguez, J. de D.1; Olvera-Hernández, J. Isabel

Colegio de Postgraduados Campus Puebla.

*Autor responsable: teyssar@gmail.com;

Resumen

Con información obtenida de dos experimentos de campo en los que se evaluó la respuesta de 18 variedades de maíz a tres tipos de fertilización se realizó un análisis económico utilizando el procedimiento de tasa de retorno al capital total en base al ingreso y considerando la producción de grano y rastrojo. Se encontraron tasas de retorno de capital entre 44.2 y 176.6 lo que indica que la producción de maíz en la zona de estudio es rentable. Además se encontró que con la utilización de biofertilizantes es posible incrementar el ingreso que los productores obtienen con la producción de maíz y fertilización química hasta un 22.7% y que la menor tasa de retorno de capital se obtuvo con los tratamientos de FQC.

Palabras clave: Ingresso neto; tasa de retorno de capital; maíz

Introducción

En el 2009 a nivel nacional el estado de Puebla ocupó el cuarto y décimo lugar en superficie sembrada y volumen de producción, respectivamente. En este año la superficie cultivada con maíz fue de 597 mil hectáreas obteniendo un rendimiento promedio de 2.16 tha^{-1} (SAGARPA, 2009). Esta superficie fue cultivada por 80 mil productores, que benefician a igual número de familias (SAGARPA, 2010). En la actualidad este cultivo se encuentra en crisis ya que los productores han disminuido la cantidad de fertilizante que aplican a su cultivo, a sabiendas de que sus rendimientos se verán mermados, debido al incremento del precio que los fertilizantes químicos han presentado en los últimos años (SNIIM, 2010) lo que ha afectado seriamente los costos de producción agrícola.

Ante esta situación, el productor demanda nueva tecnología que no implique fuertes inversiones y que incida significativamente en los rendimientos de maíz, no sólo en el incremento de la producción de grano, sino también en rastrojo (ya que este último forma parte fundamental en la alimentación de su ganado, el cual representa una fuente muy importante en su ingreso familiar), además de mejorar la rentabilidad del cultivo.

Actualmente existen diversos trabajos que indican que la producción de maíz puede lograrse de manera sustentable con el uso de biofertilizantes y fertilizantes orgánicos, además de reducir significativamente los costos de producción y mantener los niveles de producción sin deteriorar el medio ambiente (Bashan *et al.*, 1997; Caballero *et al.*, 2009 y Morales, 2007); sin embargo no se ha realizado un análisis económico en las que se comparan diversas fuentes de fertilización del cultivo de maíz que indique que son mejor opción para la producción de cultivos, por lo que en el presente trabajo se evaluó la respuesta de diferentes variedades de maíz a tres tipos de fuentes de fertilización, con la finalidad de realizar un análisis económico para determinar si existe incremento en la rentabilidad del cultivo sin demeritar los rendimientos.

Materiales y Métodos

Para el análisis económico se tomaron los resultados de dos experimentos de campo en los que se establecieron en el ciclo P.V. del 2010, bajo condición de temporal en las localidades de San Pedro Tlaltenango y San Andrés Calpan de los municipios del mismo nombre del estado de Puebla, en los que se evaluaron la respuesta de 18 variedades de maíz a la fertilización química (FQ), fertilización química más biofertilizante (FQB) y fertilización química más lombricomposta (FQC). El tratamiento de fertilización química consistió en la aplicación de la fórmula 160-70-00 para N, P_2O_5 y K_2O respectivamente; sin embargo, en los tratamientos en donde la fertilización química se acompañó de biofertilizante o composta, se aplicó solo la mitad de la fórmula anterior; es decir, la fórmula 80-35-00 para N, P_2O_5 y K_2O respectivamente. Como fuente de los nutrimentos en la fertilización química se utilizó urea para nitrógeno y fosfato diamónico para fósforo. La fertilización orgánica consistió en la aplicación de 3.5 t ha^{-1} de lombricomposta de cachaza de caña .Como biofertilizantes se utilizaron biofertibuap y biofosfobuap, el primero formado a base de la bacteria *Azospirillum brasilense* que ayuda a la fijación de nitrógeno atmosférico; mientras que biofosfobuap contiene a las bacterias *Acinetobacter calcoaceticus y Chromobacterium violaceum* las cuales solubilizan el fósforo.

En este caso se utilizó el procedimiento de tasa de retorno al capital total en base al ingreso neto (Volke, 1982). En este análisis se consideró la producción de grano y rastrojo. Se decidió incluir en el análisis económico la producción de rastrojo debido a que este tiene gran valor en la región, llegando en algunos casos a ser económicamente más importante que la producción de grano.

Para el cálculo de la Tasa de Retorno al Capital se consideraron como costos fijos y costos variables los conceptos presentados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Costos fijos y costos variables de producción en la zona de estudio.

Costos Fijos					Costos Variables		
Concepto	Cantidad	Unidad de Medida	Costo Unitario ($)	Importe ($)	Concepto	Unidad de Medida	Costo Unitario ($)
Rastra	2	pza	400	800	Semilla		
Barbecho	1	pza	800	800	Criolla	Kg	6
Surcado	1	pza	400	400	H-S2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	bulto	850
Rastra de colmillos	1	pza	250	250	Niebla	bulto	1400
Siembra					32D06	bulto	1280
Jornales ó sembradora	1	pza		500	A822	bulto	1100
Labores culturales					Sintético Serdán, 164 y 167	bulto	400
1a. Labor	1	pza	400	400	**Fuente de nutrimentos**		
2a. Labor	1	pza	400	400	urea	bulto	280
Jornales para fertilización	4	pza	130	520	DAP	bulto	400
Control de plagas					Composta	ton	2000
Insecticida	1	dosis	120	120	Azospirullum spp	dosis	80
Jornales	2	pza	130	260	Biophos	dosis	80
Control de malezas					**Cosecha**		
Herbicida	1	Lt	120	120	Jornales	ton	440
Jornales	2	Pza.	130	260	Acarreo	ton	80
Corte y amogote					Desgrane	ton	200
Jornales	10	pza	130	1300	Procesamiento de rastrojo		
Total				6130	Empacado	paca	12
					Acarreo de rastrojo	paca	2

Resultados y Discusión

De acuerdo a este análisis económico realizado considerando la producción de gano y rastrojo, se encuentra que para todos los tratamientos y variedades evaluados la producción de este cultivo es rentable, encontrando valores de retorno del capital de 176.6 % y 44.2%, lo que indica que la producción de maíz en la zona de estudio es rentable, ya que el ingreso neto que proporciona por cada peso invertido va desde 0.442 a 1.766 pesos (Cuadro 2). Por otro lado, el 98.1 % de los tratamientos de fertilización y variedades evaluados, presentan tasas de retorno al capital donde se obtienen ganancia en la producción de grano. Además, se observa que en todos los tratamientos de FQC, la tasa de retorno al capital es menor que la de los otros tratamientos de fertilización, lo que demuestra que en la producción de grano y rastrojo con todas las variedades y este tipo de fertilización, bajos ingresos, a pesar de que de manera general con este tipo de fertilización se presentaron los mayores rendimientos de grano y rastrojo. Estos resultados son efecto de que el costo de la FQC es superior en 434.4 % y 197.4% a los de la FQB y FQ, respectivamente. Si se toma como ejemplo al genotipo 9, se puede determinar que estas diferencias en los costos de fertilización implican un incremento de los costos de producción de maíz en relación a la FQC de 30.6 % y 25.9% con los costos de producción con FQB y FQ, respectivamente. Ahora bien, si se considera el promedio de producción por tipo de fertilización, se tiene que los costos de producción se reducen en 7% al utilizar la FQB con respecto a la FQ, esto coincide con los resultados obtenidos por el INIFAP quien señala que los costos de producción se reducen en 10% con la fertilización biológica (Morales, 2007), en tato que con la FQC, estos se incrementan en 34.5% con respecto a los costos con la FQ.

Sin embargo, debe considerarse que los resultados del presente estudio son evaluaciones de un año. Si se realizaran evaluaciones a largo plazo pudiera ser que con la FQC, que es con la que se obtienen los mayores rendimientos, se podría reducir la cantidad de producto que se aplica, por el efecto residual que la composta presenta, y dado que la mayoría de los productores en la zona de estudio cuentan con ganado vacuno (1 ó 2 cabezas en promedio) podrían ellos mismos elaborar su composta, por lo que el costo de este insumo se reduciría bastante, logrando con ello mayores ingresos. Las mayores tasas de retorno se presentan con las variedades 9, criollo, AS822 y HS-2, con 176.6 %, 176.0 %, 167.2 % y 164.8 %, respectivamente, todos con FQB.

Por otra parte, si se compara la rentabilidad de los tres mejores genotipos (9, CR y AS822) entre FQB y FQ, se tiene que existe un incremento promedio de 22.7 % para la variedad 9; 30.6 % para AS822 y 37.6% para CR, esto se aproxima a lo encontrado por García et al. (2007), quien obtuvo un incremento en la rentabilidad del cultivo de 36 % con la FQB con respecto a la FQ (Cuadro 1).

Por otro lado, en el mismo cuadro se observa que para el caso de la variedad 9 los rendimientos tanto de grano y rastrojo son muy semejantes con los tres tipos de fertilización, sin embargo, en la tasa de retorno de capital se presentan grandes diferencias, siendo estas de 22.7 % entre FQB y FQ; 89.1% entre FQB y FQC, y de 66.4% entre FQ y FQC; lo que implica en términos económicos $1876.6, $7765.5 y $5888.9 entre FQB y FQ, FQB y FQC, FQ y FQC respectivamente.

De este análisis se infiere que la producción de maíz es una actividad rentable en la región, con cualquier tipo de fertilización que los productores utilicen, y de acuerdo a la información obtenida en el presente estudio, en promedio obtienen un ingreso de $20,402.5 por hectárea, si consideramos que en las localidades donde se realizó el estudio de acuerdo con INEGI, (2007), en promedio cada productor cuentan con 2.3 ha de superficie de labor, el ingreso que obtendría si estas fueran cultivadas solamente con maíz sería de $46,925.7, lo que se traduciría a tener un salario de $128.5 o un ingreso mensual de $3,910.5, que en la práctica es un ingreso muy bajo y no alcanzaría para sostener a una familia Ahora bien, si consideramos que la mayoría de los productores de la zona obtienen rendimientos por debajo de los obtenidos en el presente estudio, la situación es aún más crítica, ya que obtendrían ingresos menores, Sin embargo, se encuentran productores que obtienen rendimientos a los reportados en el presente estudio, obteniendo, por lo tanto, ingresos económicos a los encontrados en el estudio, que como ya se dijo son bajos.

Ante esta situación que hacer o que recomendaciones dar a los productores, de hecho ellos han desarrollado sistemas de producción en las que integran diversas especies en su unidad de producción, dando un uso intensivo a la tierra y con ellos mejorando sus ingresos, y algunos de ellos han dado valor agregado a la producción de maíz que obtienen, dándola de alimentación a su ganado, transformando de esta manera su grano y rastrojo de maíz en leche y/o carne, con lo cual mejoran sus ingresos. Sin embargo, a sus sistemas de producción se les recomendaría incluir la fertilización con biofertilizantes y/o compostas, esta última ellos mismos las podrían elaborar y con los cual reducirían los costos de producción de su cultivo obteniendo de esta manera mayores ingresos.

Cuadro 2. Tasa de retorno promedio de la producción de 18 variedades de maíz con fertilización química, orgánica y biofertilizante de dos localidades del Estado de Puebla, considerando la producción de grano y rastrojo.

FERT	V	YG	YR	NPCAS	IR	IT	CV	CT	IN	TR	FERT	V	YG	YR	NPCAS	IR	IT	CV	CT	IN	TR
		t/ha			$								t/ha			$					
FQB	9	10.49	9.629	275	11004.8	42468.9	9224.3	15354.3	27115	176.6	FQ	4	8.698	9.327	266	10659.2	36752.1	9854.4	15984.4	20767.7	129.9
FQB	CR	9.361	19.827	566	22659.2	50742	12257	18386.5	32356	176	FQ	8	8.242	13.633	390	15580.7	40305.7	11448.8	17578.8	22726.9	129.3
FQB	AS822	10.2	8.612	246	9842.6	40453.2	9009.5	15139.5	25314	167.2	FQ	10	8.501	6.523	186	7454.7	32956.1	8677.4	14807.4	18148.7	122.6
FQB	HS2	9.509	14.43	412	16491.9	45018	10870	16999.5	28019	164.8	FQ	6	8.165	8.084	231	9238.9	33733.6	9207.6	15337.6	18396	119.9
FQB	2	9.287	10.882	311	12436.9	40297.4	9387.8	15517.8	24780	159.7	FQ	SSER	6.487	16.757	479	19150.6	38612.5	11755.1	17885.1	20727.4	115.9
FQ	HS2	10.17	13.546	387	15481.4	45977.8	11955	18084.8	27893	154.2	FQB	164	4.575	17.23	492	19691.6	33415.9	10152.4	16282.4	17133.5	105.2
FQ	9	10.38	9.195	263	10508.7	41642	10274	16404	25238	153.9	FQ	5	7.197	8.315	238	9502.7	31092.9	9027.8	15157.8	15935.1	105.1
FQB	8	8.384	15.569	445	17793.5	42945.6	11009	17138.9	25807	150.6	FQC	HS2	10.744	13.59	388	15531.4	47763.7	17720.6	23850.6	23913.2	100.3
FQB	3	8.536	10.758	307	12294.5	37903.4	9127	15257	22646	148.4	FQ	167	5.336	15.604	446	17833	33841.2	10970.3	17100.3	16740.9	97.9
FQB	10	8.788	6.417	183	7333.1	33697.1	7461.3	13591.3	20106	147.9	FQC	AS822	10.737	9.541	273	10903.4	43114.9	16370.8	22500.8	20614.1	91.6
FQ	1	9.774	11.567	330	13218.9	42539.3	11053	17182.7	25357	147.6	FQC	32D06	10.778	7.737	221	8841.7	41174.8	15818.6	21948.6	19226.2	87.6
FQB	6	8.49	7.739	221	8844.1	34315	7906.5	14036.5	20279	144.5	FQC	9	10.125	9.711	277	11098.3	41474.1	15995	22125	19349.1	87.5
FQB	NIE	8.766	10.797	308	12339.4	38637.2	9757.3	15887.3	22750	143.2	FQ	164	4.472	15.765	450	18017	31434.3	10792	16922	14512.3	85.8
FQ	3	9.166	12.276	351	14029.9	41526.4	11166	17295.7	24231	140.1	FQC	1	9.555	11.943	341	13648.8	42315	16727.5	22857.5	19457.5	85.1
FQB	32D06	8.753	5.911	169	6755.4	33015	7679.3	13809.3	19206	139.1	FQC	NIE	9.93	11.915	340	13617.6	43408.5	17372	23502	19906.6	84.7
FQ	NIE	9.825	10.043	287	11477.9	40952.7	11008	17137.9	23815	139	FQC	8	8.795	13.653	390	15603.6	41988.1	17197.9	23327.9	18660.2	80
FQ	CR	8.037	15.395	440	17594.1	41704.4	11366	17495.9	24209	138.4	FQC	CR	7.455	18.213	520	20815.1	43180.9	17915.4	24045.4	19135.6	79.6
FQB	1	7.763	10.736	307	12270.2	35558.5	8901.1	15031.1	20527	136.6	FQC	3	9.011	9.788	280	11186.6	38220.7	15712.8	21842.8	16377.9	75
FQ	AS822	9.341	10.354	296	11833.1	39857	10718	16848.2	23009	136.6	FQC	6	9.397	7.544	216	8622.2	36814.2	14923.8	21053.8	15760.4	74.9
FQB	4	7.878	8.414	240	9616.4	33249	8004.5	14134.5	19114	135.2	FQC	7	8.984	9.76	279	11153.7	38105	15693.5	21823.5	16281.5	74.6
FQB	5	7.647	11.003	314	12575	35515.2	8975.2	15105.2	20410	135.1	FQC	167	6.908	19.13	547	21863.3	42587.8	18408.4	24538.4	18049.4	73.6
FQ	32D06	9.733	5.711	163	6526.7	35727	9129.2	15259.2	20468	134.1	FQC	10	9.155	7.118	203	8134.7	35598.2	14684.9	20814.9	14783.4	71
FQB	167	6.355	19.765	565	22588.7	41652.6	11667	17796.7	23856	134	FQC	5	8.241	10.701	306	12229.7	36951.7	15861.3	21991.3	14960.4	68
FQ	7	8.881	9.752	279	11145.1	37788.4	10076	16206.1	21582	133.2	FQC	2	8.309	9.142	261	10448.4	35374.5	15256.9	21386.9	13987.6	65.4
FQB	SSER	6.957	12.039	344	13759.2	34630.2	8745.7	14875.7	19755	132.8	FQC	4	8.317	8.849	253	10113	35062.5	15141.7	21271.7	13790.8	64.8
FQB	7	7.568	10.081	288	11520.6	34225.6	8584.1	14714.1	19512	132.6	FQC	SSER	6.693	11.465	328	13103.2	33183	15282	21412	11771	55
FQ	2	8.368	13.386	382	15298.6	40403.4	11386	17515.6	22888	130.7	FQC	164	4.279	18.441	527	21075.8	33911.9	17393.7	23523.7	10388.3	44.2

Donde: FERT= Tipo de fertilización; V= Variedad; YG= Rendimiento de grano; YR= Rendimiento de rastrojo; NPCAS= Número de pacas; IR= Ingreso por concepto de rastrojo a $ 40.00 el precio de la paca; IT= Ingreso total de grano y rastrojo; CV= Costos variables de grano y rastrojo; CT= Costos totales de grano y rastrojo; IN= Ingresos netos de grano y rastrojo; TR= Tasa de retorno de grano y rastrojo; Precio de venta grano de maíz: $3000.00/ t.

Conclusiones

La producción de maíz es rentable con cualquiera de las tres fuentes de fertilización que se utilizaron en el estudio, sin embargo con la utilización de biofertilizantes esta es mayor.

La menor rentabilidad del cultivo de maíz se obtuvo de manera general con la fertilización con composta, sin embargo es necesario realizar estudios donde se evalué la residualidad de este tipo de fuente nutrimental.

Bibliografía

Bashan Y., G Holguín 1997. Azospirillum – plant relationships: Environmental and physiological advances (1990-1996). Can. J. Microbiol. 43:103-121.

Caballero M. J., J. Onofre L., A. Wong V., R. Castro G., P. Estrada de los S., J. Rodríguez S., R. Suarez, G. Iturriaga, y L. Martínez A. 2009. Uso de Azospirillum en México como biofertilizante y potencial de nuevas especies bacterianas como biofertilizantes, agentes de biorremediación y biocontrol de fitopatógenos. XIII Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería. Acapulco Guerrero, México. 21 – 26 junio 2009.

INEGI, 2007. Censo agrícola, ganadero y forestal 2007. http://www.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est Consultado 5 de agosto 2013.

Morales, I. M. 2007 Los biofertilizantes. Una alternativa productiva, económica y sustentable. Revista de la Procuraduría Agraria: Estudios Agrarios 36: 93-119.

Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera.

Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2010. Centro de Estadísticas Agropecuarias. Cierre definitivo de cosechas. Delegación Puebla.

Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIIM) 2010. http://www.economia-sniim.mx/ Consultado diciembre 2010.

Volke H. V. 1982. Optimización de insumos de la producción de la agricultura. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

LA PROPORCIÓN N:P SE INCREMENTA EN MANZANO CONFORME LA CONCENTRACIÓN DE N AUMENTA

Blanco-Macías, F.[1*], Valdez-Cepeda, R.D.[1], Llamas-Llamas, J.J.[2], Ruíz-Garduño, R.R.[1], Márquez-Madrid, M.[1], Magallanes-Quintanar, R.[3], Méndez-Gallegos, S. de J.[4]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac. México.
[2]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac. México.
[3]Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac. México.
[4]Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP. México.

*Blanco-Macías, F. fiblama63@hotmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac. México. CP 98085; Tel. +52(492)-924-6147

Resumen

El manzano (*Malus domestica* Borkh.) fue quizás la primera especie frutal cultivada por los seres humanos. Las cualidades de la manzana (el fruto del manzano), desde el punto de vista dietético, están ampliamente reconocidas, tanto por los profesionales de la nutrición humana como por el sector social popular. Los diferentes sistemas de producción intensiva que garantizan altos rendimientos y productos con buena calidad requieren, por lo general, del uso intensivo de fertilizantes químicos que son caros y crean problemas ambientales. Sin embargo, en un gran número de estudios se ha demostrado el mejoramiento del crecimiento y el desarrollo de los vegetales, mediante la producción de reguladores del crecimiento como posible mecanismo, en respuesta a la inoculación de raíces o semillas con Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV). El presente informe considera los efectos de las aplicaciones de 4 dosis de RPCV al follaje y las flores de árboles de manzano variedades, 'Starkrimson' y 'Smoothee Golden', establecidos en Rancho Nuevo, Zacatecas, México. Los resultados preliminares permiten inferir que hay diferencias significativas entre variedades y años para rendimiento y las concentraciones de P, Mg y Mn, así como para la proporción N:P. También, se encontró que dicha proporción se soporta aún en respuesta positiva al aumento de N, pero negativa conforme se incrementa la concentración de P. Es necesario incrementar la base de datos para cuantificar satisfactoriamente las respuestas de los árboles a los factores involucrados, así como a sus interacciones.

Palabras clave: Rizobacterias; Estequiometría; *Bacillus*

Introducción

El manzano es uno de los cultivos frutales más importantes en el mundo (Pirlak *et al*., 2007) y en México, lo cual se aprecia al considerar los volúmenes de producción. De hecho, la superficie dedicada al cultivo del manzano en México es de 66,400 ha, área que representa el 6% de la superficie total ocupada por todas las especies frutícolas (SAGARPA, 2002). El estado de Zacatecas tiene un potencial para el cultivo del manzano en 8,000 ha (Llamas-Llamas *et al*., s/f). Sin embargo, solo se cultivan 1,200 ha debido a que los últimos inviernos han sido cálidos e irregulares de manera que han provocado desequilibrios fisiológicos (que inducen brotación tardía, escasa e irregular, mayor sensibilidad al ataque de plagas y enfermedades y reducción del rendimiento) en los árboles de las variedades 'Golden' y 'Red Delicious' (Llamas-Llamas *et al*., s/f), lo cual ha conllevado a que la superficie cultivada haya disminuido notablemente desde más 2,000 ha en 1985. En este contexto, Llamas−Llamas *et al*. (s/f) han demostrado que las variedades 'Royal Gala', 'Red Chief' y 'Braeburn' se desempeñan bien en las condiciones climáticas actuales de la región frutícola del estado de Zacatecas.

El manzano es cultivado a gran escala en regiones con clima relativamente frío y en diferentes tipos de suelo. Sin embargo, muchos factores, como los nutrimentos, se constituyen como factores limitantes de la producción en una amplia gama de agrosistemas. En particular, los problemas de desórdenes nutrimentales por deficiencias y excesos han sido resueltos con la implementación de prácticas de manejo como la fertilización. Por ello, ha sido preciso el desarrollo de tecnología y la estimación de los requerimientos nutrimentales a nivel local o regional. En otras palabras, además de los elementos minerales esenciales aplicados por medio de fertilizantes químicos, hay otros factores estimulantes del crecimiento de los vegetales amigables con el ambiente en condiciones específicas (Wojcik y Klambowski, 2004). Uno de ellos está asociado al uso de biofertilizantes que contienen microorganismos benéficos en vez de productos químicos sintéticos, pues con ellos se mejora el crecimiento de las plantas ya que coadyuvan a mantener un ambiente sano y la productividad del suelo (O'Connell, 1992).

Algunos microorganismos benéficos asociados con la rizósfera de las plantas son bacterias y han sido denominadas Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (RPCV). Entre ellas se han identificado cepas de los géneros *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azospirillium*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Rhizobium* and *Serratia* (Sturz y Nowak, 2000; Sudhakar *et al*., 2000). En un gran número de estudios se ha demostrado el mejoramiento del crecimiento y el desarrollo de los vegetales, mediante la producción de reguladores del crecimiento como posible mecanismo, en respuesta a la inoculación de raíces o semillas con RPCV (Zahir *et al*., 2004). Pirlak *et al*. (2007) han sugerido que *Pseudomonas putida* BA−8 y *Bacillus subtillus* (sinónimo de *Paenibacillus macerans*) OSU−142 por si solas o en combinación, aplicadas al follaje y flores, tienen el potencial de incrementar el rendimiento, el crecimiento y las concentraciones foliares de N y K en árboles de manzano 'Starkrimson' y de N y P en aquellos de 'Granny Smith', establecidos en una huerta experimental en Karaman, Turquía. Estas bacterias son consideradas RPCV y agentes con potenciales para el control biológico de una amplia gama de bacterias y hongos patógenos que causan problemas de importancia económica en la agricultura (Cuppels, 1999; Cakmakci, 2001; Esitken *et al*., 2002; Esitken *et al*., 2003). Sin embargo, es necesario ratificar los efectos positivos de la inoculación foliar y floral con RPCV sobre el rendimiento y el crecimiento en árboles de manzano de huertas Mexicanas en general y Zacatecanas en particular.

El objetivo del presente informe de investigación fue cuantificar los efectos de las aplicaciones de MicroSoil® (como fuente de RPCV) al follaje y las flores de árboles de manzano variedades 'Starkrimson' y 'Smoothee Golden', establecidos en Rancho Nuevo, Zacatecas sobre la composición de las hojas y la producción de fruto.

Materiales y Métodos

Cepas bacterianas, condiciones de cultivo, medio y tratamientos

En el experimento se evaluó un producto comercial (MicroSoil®) como fuente de bacterias. En sí, contiene *Azotobacter vinlandii*, *Clostridium pastereium*, *Bacillus lichenoformis*, *Bacillus subtilis*, *Rhodococus*, *Azospirillum*, *Arthrobacter* y *Rhodobacter*. La suspensión bacteriana se diluyó en agua destilada estéril para obtener 3 dosis diferentes: 250 mL en 25 L de agua, 312.5 mL en 25 L de agua y 417 mL en 25 L de agua.

Experimento en campo

El experimento se estableció en una huerta de Rancho Nuevo, Zacatecas, en árboles de 6 a 10 años de edad (2010). El espaciamiento entre hileras fue de 4.5 m, mientras que entre árboles fue de 2.6 m. En el primer año, 48 árboles de cada una de las variedades 'Starkrimson' y 'Smoothee Golden' fueron seleccionados. En cada variedad se aplicaron las 4 dosis en 4 bloques completos al azar. Cada dosis se aplicó en tres árboles por variedad; de esta manera: 4 dosis X 4 repeticiones X 3 árboles = 48 árboles por variedad; entonces se consideraron 96 árboles en total (ver a los tratamientos en Cuadro 1). La aplicación de la dosis testigo o control (T1) consistió en rociar los

árboles con agua estéril. La aplicación de las otras dosis consistió rociar la suspensión diluida en la etapa de plena floración y a los 30 y 60 días después de plena floración, durante 2010, 2011 y 2012.

Las prácticas riego y control de plagas y enfermedades fueron realizadas por el productor cooperante. Cabe señalar que el control fitosanitario integral del cultivo está basado en la prevención y manejo del agente causal de la pudrición del cuello (*P. cactorum*) de los árboles, mediante el uso de patrones tolerantes ('MM109') y la aplicación de fungicidas elaborados a base de hongos antagónicos *Trichoderma harzianum*. La prevención de daños a la raíz de los árboles, causados por pulgón lanígero, *E. lanigerum*, se ha llevado a cabo mediante el uso de patrones tolerantes ('MM109', 'MM106' y 'MM111') y el bioinsecticida Bio−Metha, elaborado con base al hongo entomopatógeno, *Metharhizium anisopliae*.

Cuadro 1. Matriz de tratamientos del experimento.

Tratamiento	Variedad	Dosis (cantidad de suspensión con RPCV)
1	Starkrimson	Sin RPCV
2	Starkrimson	250 mL en 25 L agua
3	Starkrimson	312.5 mL en 25 L agua
4	Starkrimson	417 mL en 25 L agua
5	Smoothee	Sin RPCV
6	Smoothee	250 mL en 25 L agua
7	Smoothee	312.5 mL en 25 L agua
8	Smoothee	417 mL en 25 L agua

Los efectos de la aplicación de cantidades diferentes de RPCV se evaluaron al considerar los rendimientos, el peso promedio de frutos, contenido de sólidos solubles totales (SST o °Brix). También se cuantificó el efecto de los tratamientos con bacterias al contemplar la concentración de los elementos nutrimentales en las hojas. Este último aspecto es el considerado en el presente informe.

Análisis de Follaje

Hojas completamente desarrolladas de la parte media de la copa de cada uno de los 96 árboles fueron muestreadas a mediados julio en todos los años de estudio (2010, 2011 y 2012). Con el fin de determinar el contenido mineral en las hojas, las muestras fueron secadas en estufa a 68°C durante 48 horas y, posteriormente, molidas. El procedimiento micro−Kjeldahl se usó para la determinación de N (AOAC, 1990). Los nutrimentos K, Ca y Mg se determinaron después de someter a las muestras a un proceso de digestión húmeda en una mezcla de 25 g de H_2 SO_4: Se (1:1) y ácido salicílico (0.2 g) (AOAC, 1990).

En las digestiones diluidas, el P se midió por espectrofotometría al usar el método del azul de indofenol, después de la reacción con ácido ascórbico (AOAC, 1990). Los contenidos de K y Ca se determinaron por fotometría de flama; mientras que los de Mg, Fe, Mn y Zn se cuantificaron mediante espectrometría de absorción atómica al usar el método de la AOAC (1990).

Análisis de datos

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANVA). A su vez, la relación nutrimental (N:P) fue analizada desde un punto de vista estequiométrico.

Resultados y Discusión

Los ANVA indican que se presentaron diferencias significativas entre variedades y años para los casos de las variables Rendimiento, Concentración de P, Mg y Mn; asimismo sugieren que no es tal la situación para las concentraciones de los demás nutrimentos involucrados. Sin embargo, en un contexto exploratorio se estimó la proporción N:P y se sometió al análisis de varianza; el resultado

fue que se identificaron diferencias significativas entre variedades y años. Lo anterior sugiere la posibilidad de que los efectos pueden evidenciarse mediante análisis estequiométricos (e.g. He et al., 2008; Elsner et al., 2010). Asimismo, los ANVA no permitieron evidenciar efectos diferentes del factor Micorrizas al considerar las variables respuesta Rendimiento y concentraciones de los nutrimentos, lo cual no concuerda con lo sugerido por Pirlak *et al*. (2007). Sin embargo, ello no implica que no hayan manifestado algún efecto sobre el comportamiento de los árboles, ya que se identificaron diferencias entre Variedades con respecto al Rendimiento y las concentraciones de P, Mg y Mn, así como a la proporción N:P. Es posible que conforme se incremente la base de datos, se tendrá una mejor posibilidad de fundamentar supuestos. En este contexto, la evidencia notable es que el valor de la proporción N:P se incrementa conforme la concentración de N (Figura 1); mientras que disminuye en respuesta a incrementos de P (Figura 1). Esto significa que el rango considerado de concentración de N es un intervalo de respuesta positiva de las plantas a dicho nutrimento; pero en el caso del P es negativa (He et al., 2008; Elsner *et al*., 2010).

Los resultados obtenidos, aunque preliminares, conforman un posible indicador de que es necesario incrementar la base de datos para cuantificar satisfactoriamente las respuestas de los árboles a los factores involucrados, así como a sus interacciones.

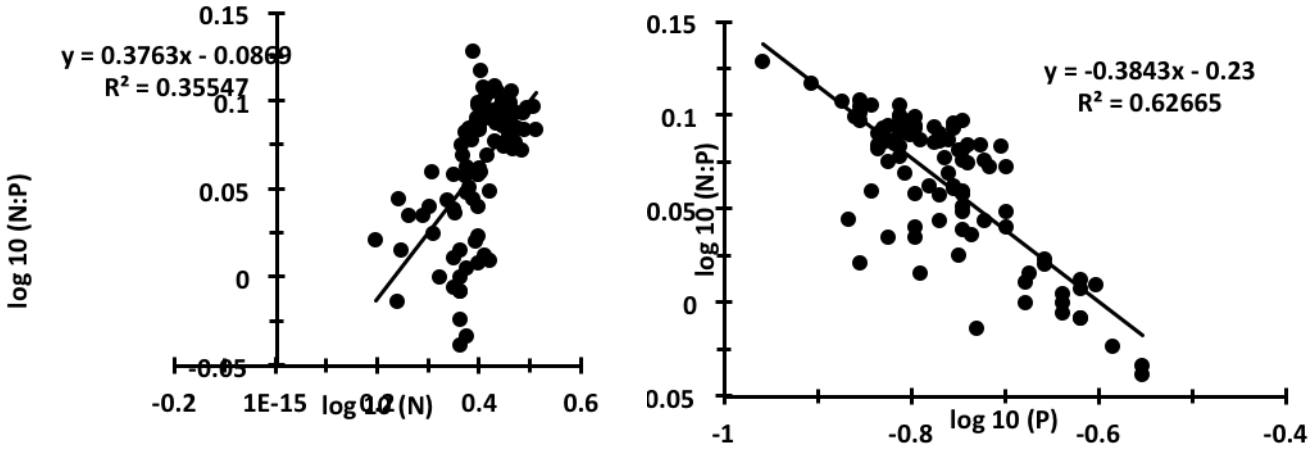


Figura 1. Diagramas de las relaciones entre N:P versus las log concentraciones de N en % (izquierda) y P en % (derecha) en hojas de manzano variedades Starkrimson y Smoothee.

Agradecimientos

Al Instituto de Fruticultura y a la DGIP de la UACh por el financiamiento parcial del proyecto.

Bibliografía

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1990. Copper catalyst Kjeldahl method. p. 15. In: K. Helrich (Ed.). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition AOAC. Arlington, VA, USA.

Cakmakci, R., F. Kantar and F. Sahin. 2001. Effect of N2−fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 164: 527−531.

Cuppels, D., F. Sahin and S.A. Miller. 1999. Management of bacterial spot of tomato and pepper using a plant resistance activator in combination with microbial biocontrol agents. *Phytopathology* 89: 19.

Elsner, J.J., W.F. Fagan, A.J. Kerkhoff, N.G. Swenson and B.J. Enquist. 2010. Biological stoichiometry of plant production: Metabolism, scaling and ecological response to global change. New Phytologist 186: 593-608.

Esitken, A., H. Karlidag, S. Ercisli, M. Turan and F. Sahin. 2003. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (*Prunus armeniaca* L. cv. Hacihaliloglu). *Aust. J. Agric. Res.* 54: 377−380.

Esitken, A., H. Karlidag, S. Ercisli and F. Sahin. 2002. Effects of foliar application of *Bacillus subtilis* Osu−142 on the yield, growth and control of shot−hole disease (*Coryneum* blight) of apricot. *Gartenbauwissenschaft* 67: 139−142.

He, J.-S., L. Wang, D.F.B. Flynn, X. Wang, W. Ma and J. Fang. 2008. Leaf nitrogen:phosphorus stoichiometry across Chinese grassland biomes. Oecologia 155: 301-310.

Llamas−Llamas, J.J., J.J. Avelar−Mejía, A. Lara−Herrera, J.O. Cortés−Bañuelos y M.A. Salas−Luévano. s/f. Evaluación de variedades de manzano con bajos requerimientos de frío invernal. Universidad Autónoma de Zacatecas−Unidad Académica de Agronomía. Zacatecas, Zac., México. 6 p.

http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/viijornadasdeinvestigacion/mesa9/Evaluaci%F3n%20de%20variedades%20de%20manzano.pdf.

O'Connell, P.F. 1992. Sustainable agriculture−a valid alternative. *Outlook on Agric.* 21: 5−12.

Pirlak, L., M. Turan, F. Sahin and A. Esitken. 2007. Floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) to apples increases yield, growth, and nutrient element contents of leaves. *J. Sustainable Agriculture* 30(4): 145−155.

SAGARPA. 2002. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

Sturz, A.V. and J. Nowak. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. *Applied Soil Ecol.* 15: 183−190.

Sudhakar, P., G.N. Chattopadhyay, S. K. Gangwar and J.K. Ghosh. 2000. Effect of foliar application of *Azotobacter*, *Azospirillium*, and *Beijerinckia* on leaf yield and quality of mulberry (*Morus alba*). *J. Agr. Sci.* 134: 227−234.

Wojcik, P. and K. Klambowski. 2004. 'Szampion' apple trees response to foliar Titanium application. *J. Plant Nutr.* 27(11): 2033−2046.

Zahir, A.Z., M. Arshad and W.T. Frankenberger, Jr. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. *Adv. Agron.* 81: 97−168.

DENSIDAD DE POBLACION Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA SECA DE *Rosmarinus officinalis* L. EN CONDICIONES HIDROPÓNICAS

Castillo Castro, K.G.[1]; Rodríguez Fuentes, H.[1*]; Rodríguez Ortiz, J.C.[2]; Beltrán Morales, F.A.[3]; Vidales Contreras, J.A.[1]; Luna Maldonado, A.I.[1]

[1]Universidad Autónoma de Nuevo León. General Escobedo, Nuevo León. México.
[2]Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México.
[3]Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México.

*Autor responsable: hrodrigu10@yahoo.com.mx; Av. Francisco Villa S/N, Col. Ex Hacienda El Canadá, General Escobedo, Nuevo León. México. CP 66450; Tel. +5283294000 Extensión: 3515; 3519.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue estimar el efecto de la densidad de población en relación con la producción de biomasa seca total (BST) de *Rosmarinus officinalis* L. cultivado en forma hidropónica. El trabajo fue efectuado del mes de octubre 2011 al mes de marzo del 2012 en el Centro de Investigación y Desarrollo en Hidroponia en el Campus Marín de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Marín, N.L. México. Se evaluaron densidades de población de: 8, 16 y 24 plantas m^{-2} en un sistema hidropónico cerrado con un sustrato a base de roca volcánica. La mayor producción ($P \leq 0.05$) de BST se presentó en las densidades de 16 y 24 pl m^2. La altura de planta no presentó diferencia significativa.

Palabras clave: Hidroponia; romero; producción de biomasa

Introducción

El romero, es una planta que pertenece al género *Rosmarinus* de la familia de las Labiadas (*Lamiatae*), (Calderón, 2001). Es una especie nativa de la región mediterránea y se encuentra en provincias de España, Italia, Portugal, Francia y Argelia. Se describe como una especie leñosa, subarbustiva y perenne con aroma característico, cuyas hojas y ramas contienen un aceite esencial utilizado en las industrias farmacéutica, perfumería y arte culinario. Como medicina, la planta se dice posee un valor carminativo, propiedades abortivas y antiespasmódicas, el aceite de romero también es utilizado en la aromaterapia. (Pakrasa *et* al., 1999; Muñoz, 1993).

En 2009 se reportó una superficie cultivada total de 50.75 ha en el territorio nacional en los estados de México y Baja California Sur correspondiendo a 39 y 11.75 ha respectivamente; la producción anual promedio de biomasa fue de 6 y 7 ton ha^{-1} en cada estado (SAGARPA, 2012).

Se ha estimado que en España esta especie se encuentra distribuida en forma natural en densidades de población de 1.0 a 2.0 pl m^{-2} y produciendo en promedio 5.5 ton ha^{-1} (551 g m^{-2}) de biomasa seca (Martínez-Fernandez *et al.,* 1996). Otro investigador, reporta producciones en este mismo país de 200 a 300 g m^{-2} de biomasa cultivado en suelo con densidades de población de 1.5 a 2.0 plantas m^{-2} (Muñoz, 1993).

En el cultivo de pimiento (*Capsicum frutescens*) se menciona que la densidad de población es uno de los factores que influye en la cantidad de biomasa que produce una planta y por lo tanto existe una relación entre el número de individuos en una superficie y la biomasa producida, se ha determinado que la mayor densidad de población en este cultivo, disminuyó la carga de fruto por planta; sin embargo, se incrementó el número de estos por unidad de superficie (Cruz, 2009). Se ha reportado que en el cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*), al incrementar la densidad de población, disminuyó la cantidad de biomasa total, aunque se incrementó la producción de tubérculos por unidad de superficie (Flores *et al.,* 2009).

En un experimento de densidades de población (6, 8 y 16 plantas m^{-2}) en el cultivo del romero bajo condiciones de secano y en dos años de evaluación, se determinó que la distancia entre hileras y el año de evaluación influyeron en la producción de follaje, altura de plantas, numero de ramas, y producción de aceite esencial. Además se menciona que la mayor densidad de población incrementó la producción de biomasa seca total y de aceite esencial durante el primer año; en las densidades de población más bajas se presentó un mayor rendimiento por planta (Mishra *et al.,* 2009).

La técnica hidropónica es un sistema intensivo de producción de especies vegetales basado en proporcionar de manera controlada los nutrimentos esenciales para las plantas mediante la disolución en agua de formas químicas fácilmente aprovechables para ellas, esto repercute en que la planta podrá expresar casi totalmente su potencial genético de producción al no estar limitada por estos (Rodríguez *et al.,* 2011). Existe poca información relacionada con el manejo agronómico del cultivo de romero y más aun su cultivo en sistemas hidropónicos, por lo que el objetivo de esta investigación fue: Estimar el efecto de la densidad de población en la producción de biomasa seca total (BST) de *Rosmarinus officinalis* L. cultivada en forma hidropónica.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en el Centro de Investigación y Desarrollo en Hidroponia de la Facultad de Agronomía Campus Marín de la Universidad Autónoma de Nuevo León (25°23´ N, 100°2'O, 393 msnm).

Se utilizó un sistema hidropónico cerrado, el cual consta de bancales que están construidos de block de hormigón, las dimensiones del bancal son de 14 m de longitud por 1.10 m de ancho (interior), de 0.20 m de altura y piso de concreto con acabado pulido y sellado. El bancal consta de dos partes, el cuerpo del mismo y cabecera que permite drenar la solución nutritiva debido a que se encuentra en el piso un colector conectado a una cisterna de 2.5 m^3 de capacidad. Se empleó roca volcánica con una granulometría de 20 a 40 mm de diámetro como sustrato, el cual previamente fue lavado y desinfectado con una solución de ácido sulfúrico grado industrial amortiguada a pH = 3.0, con esta solución se inundó el bancal por un periodo de tres horas y posteriormente se lavó dos veces con agua de riego, a esta se le realizó un análisis de calidad de agua para riego agrícola, con la finalidad de ajustar la SNH (Cuadro 1) a los contenidos de calcio y magnesio presentes en ella.

La solución nutritiva hidropónica (SNH) empleada fue la siguiente (mg L^{-1}): 200, 60, 250, 200, 50, 100, 0.50, 0.25, 0.25, 0.02, 0.25 y 0.01 de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, B, Cu, Zn y Mo respectivamente, la solución se ajustó a un pH de 5.5, la renovación completa de SNH se realizó cada 10 días, y el riego se efectúa dos veces a la semana (Rodríguez *et al.,* 2011).

Para el trasplante se utilizaron plantas de una variedad criolla de romero de aproximadamente 0.30 m de altura, previo a esto con la finalidad de prevenir el ataque de hongos a la raíces se les roció una solución fungicida (cymoxanil 30% clorotalonil 72%, ia) dosificando 90 g L^{-1}. Posteriormente las plantas se insertaron en el sustrato.

Se evaluaron las densidades de población, T1= 8 pl m^{-2}; T2= 16 pl m^2 y T3= 24 pl m^{-2}. El diseño experimental fue un completamente al azar con 4 repeticiones, la unidad experimental fue de 1.0 m^2.

En cada tratamiento y al octavo mes del trasplante se extrajeron las plantas completas de (parte aérea mas raíz) de cada repetición, se colocaron en un contenedor de plástico con agua limpia para remover residuos de sustrato y de esta manera hacer un lavado con manguera y agua corriente presurizada, fueron llevadas al laboratorio; en cada repetición, se determinó peso fresco total, altura de la planta (cada 10 días después del trasplante se midió a 10 plantas por repetición la altura con cinta métrica). Las muestras se introdujeron en bolsas de papel estraza previamente identificada con el fin de ser deshidratada en una estufa de convección forzada (Marca Riossa, modelo H-62, México), se mantuvieron a una temperatura de 70 a 80º C hasta peso constante; se determinó el contenido de humedad y se cuantificó la producción de biomasa seca total.

Para realizar los análisis de varianza y comparaciones de medias se utilizo el programa SPSS 17.0. se realizaron comparaciones de medias mediante el criterio Tukey (P ≤ 0.05).

Cuadro 1. Análisis de agua para calidad de riego agrícola.

Análisis	Valor	Observaciones
CE	965	Altamente salina
pH	6.91	
Ca^{+2}	6.00	
Mg^{+2}	3.00	
CO_3^{2-}	0.00	
HCO_3^{-}	5.90	
Cl^{-1}	1.70	Condicionada

CE= Conductividad eléctrica (µS a 25 °C), pH = potencial Hidrógeno, Ca^{+2} = calcio (me L^{-1}), Mg^{+2} = magnesio (me L^{-1}), CO_3^{-2} = carbonatos (me L^{-1}), HCO^{-}_3 = bicarbonatos (me L^{-1}), C l^{-} =cloro (me L^{-1}).

Resultados y Discusión

Los resultados indicaron que se encontró diferencia significativa para BST, en el Cuadro 2 se muestra la comparación de medias (Tukey P≤0.05), y se puede apreciar que las densidades de población de 16 y 24 pl m^{-2} (tratamientos 2 y 3) fueron superiores e iguales en la producción de BST en relación a la densidad de 8 pl m^{-2}; estos resultados coinciden con lo reportado por Misrah *et al*., 2009 y Pakrasa *et al.,*1999 en el cultivo de romero; en estudios de densidad de población en otras especies han llegado a la conclusión que al incrementar la densidad de población se disminuye la producción por individuo, aunque esta es mayor cuando se calcula por unidad de superficie. (Escalante *et al*., 2008, Cruz *et al*., 2009 y Vega *et al*., 2001).

Cuadro 2. Comparación de medias para producción de BST m^{-2}.

Tratamiento	Media	(P≤0.05)
3	2783.033	a
2	2712.913	a
1	1473.034	b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey P≤0.05)

En la Figura 1 se presenta la ecuación de regresión lineal para altura de planta; la altura de planta no presentó significancia entre tratamientos (P≤ 0.05), debido a que el crecimiento en ocasiones no está asociado al incremento de altura (Bidwell, 2002; Saldivar 2010). Sin embargo, se ha reportado que en plantas de girasol (*Hellianthus annus),* la altura fue mayor en densidades de población de 7.5 pl m^{-2} que cuando la densidad de población fue de 15 pl m^{-2} (Escalante-Estrada *et al.,* 2008).

Conclusiones

La mayor producción de Biomasa Seca Total por m^2 se presentó en el tratamiento de 24 plantas m^2 y correspondió a 2783.033 g (P≤0.05). La producción de Biomasa Seca Total por unidad de superficie se incrementó al aumentar la densidad de población.

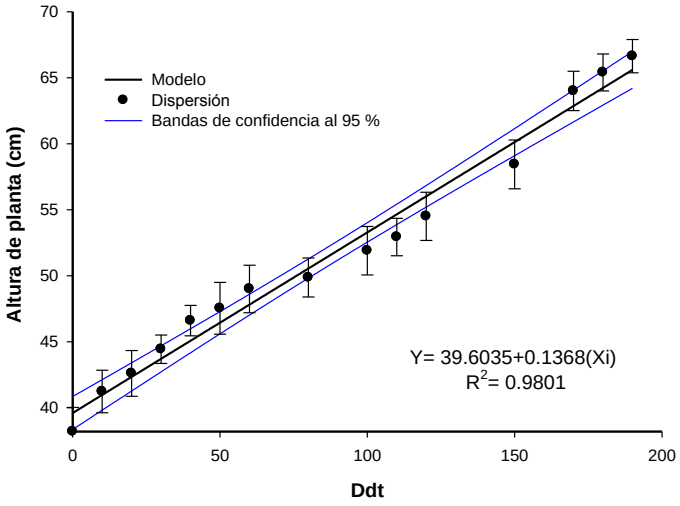


Figura 27. Ecuación lineal para altura de planta, las líneas verticales que se originan de los puntos se refieren a la desviación estándar; Ddt= días después de trasplante.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al Promep convocatoria 2012 por el apoyo económico recibido para la consolidación de la Red Agricultura Sostenible de la Zona Centro y Norte de México (ASOCEN) a Través Del Proyecto Transferencia e Innovación Tecnológica con Productores en Conversión a la Agricultura Orgánica.

Bibliografía

Bidwell, R. G. S. 2002. Fisiología Vegetal. AGT Editor. México, D.F. pp. 409-438.

Calderón R. G., J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica de México, Instituto de Ecología A.C. pp. 624-625.

Cruz-Huerta N., F. Sánchez-Castillo, J. Ortíz-Cereceres y M. del C. Mendoza-Castillo. 2009. Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y periodo de cosecha en chile pimiento. Agricultura Técnica en México. 35: 73-80.

Escalante-Estrada, L. E., Y. I. Escalante-Estrada y C. Linzaga-Elizalde. 2008. Densidad de siembra del girasol forrajero. Agronomía Costarricense. 2: 177-182.

Flores-López, R., F. Sánchez del Castillo., J. E. Rodríguez-Pérez, M. T. Colinas-León, R. Mora-Aguilar y H. Lozoya-Saldaña. 2009. Densidad de población en cultivo hidropónico para la producción de tubérculo-semilla de papa (*Solanum tuberosum* L.), Revista Chapingo, Serie Horticultura.15: 251-258.

Martínez-Fernández, J., J. Martínez-Fernández, M. A. Romero-Díaz, F. López-Bermúdez, y F. Belmonte-Serrato. 1996. Biomasa e índice de área foliar de *Rosmarinus officinalis* L. en matorral semiárido (Cuenca de Mula, Murcia, España). Universidad de Murcia, España. Anales de Biología. 21: 83-92.

Mishra A.C., K.S. Negi, H.Y. Shukla and A.K. Sharma. 2009. Effect of spacing on the performance of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) blue flowered genotype (NIC-23416) in mid hills of Uttarakhand under rainfed conditions. Natural Product Radiance. 8: 528-531.

Muñoz, L.F. 1993. Plantas medicinales y aromáticas, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. pp. 264-268.

Pakrasa, R.E.V.S., C.T. Gopinath, R.S. Ganesha Rao and S. Ramesh. 1999. Agronomic and Distillation Studies on Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L) in a Semi-Arid Tropical Environment. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 6: 3-10.

Rodríguez-Fuentes. H., S. Muñoz, L., E. Alcorta-García. 2006. El Tomate Rojo. Sistema Hidropónico. Editorial Trillas, México, D.F. 86 p.

SAGARPA, 2012. (SIAP sistema de información agroalimentaria y pesquera).
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350(Consulta: marzo 31, 2012)

Saldivar, R. H. 2010. Fisiología Vegetal. Editorial Trillas. México, D. F. pp. 193-211.

Vega, M.R., J.A. Escalante-Estrada, P. Sánchez-García, C. Ramírez-Ayala y E. Cuenca-Adame. 2001. Asignación de Biomasa y Rendimiento de Girasol con Relación al Nitrógeno y Densidad de Población. Terra. 19: 75-81.

RENDIMIENTO DE MAIZ EN DOS DENSIDADES DE SIEMBRA CON APLICACIÓN DE ESTIERCOL BOVINO SOLARIZADO

Cervantes Medina, M.[1]; Luna-Anguiano, J.[3]; Ceniceros García, A. K.[2]; Avalos de la Cruz, M. A.[1]; Valenzuela García A. A[3]

[1] Alumno de maestria en agricultura organica sustentable de la Universidad Juárez de Estado de Durango
[2] Alumno de licenciatura de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango
[3] Alumno de doctorado institucional en ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango.

* Autor responsable: maestrillo14@hotmail.com; Ejido San Felipe, Municipio de Gómez Palacio Dgo., C.P. 35118, Tel. 8711 78 01 10.

Resumen

En los últimos años, el padrón de cultivos de la comarca lagunera, cambio de textil (Algodón) a Forrajeros con 33 mil hectáreas de maíz, esto principalmente por la demanda de alimento para la principal cuenca lechera del país con 442,838 cabezas, las cuales nos ocasionan un problema de contaminación, ya que por año excretan 1.37 millones de toneladas. De ahí la importancia de crear un ecosistema sustentable con la producción de maíz forrajero. Debido a lo anterior se realizó un trabajo cuyos objetivos fueron determinar el mejor tratamiento de estiércol solarizado y determinar la mejor densidad de siembra para el maíz forrajero. El estudio se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED a 25º 46' 58" de latitud norte y 103º 20' 56" de longitud oeste. Se establecieron dos factores de estudio A_1 densidad de población y B tratamientos de estiercol, el diseño experimental fue bloque al azar con arreglo en franjas, con cuatro repeticiones. La más alta producción de forraje verde para densidades de planta fue la densidad de 145 000 planta h^{-1} con 87.9 t ha^{-1} de forraje, en cuanto al factor B, el mejor tratamiento fue el de 80 t ha^{-1} de estiércol solarizado, con 98 t ha^{-1} de forraje verde, la mejor interacción se presentó con 80 t ha^{-1} de estiércol solarizado y la densidad de 145 000 plantas ha^{-1}, con 102 t ha^{-1} de forraje.

Palabras Clave: Maíz; forraje; estiércol; solarizado

Introducción

En México existen 22.13 millones de hectáreas agrícolas, de las cuales 15.3 millones son de Cultivo, de esta superficie, el total de superficie sembrada en México en el 2011, con maíz forrajero fue de 489,152 ha^{-1}, con 311,225 ha^{-1} cosechadas para una producción promedio de 30.86 t ha^{-1} siendo los estados de Jalisco, Durango, Chihuahua, Aguascalientes, México y Zacatecas, los principales productores (Sagarpa2011). El cultivo de maíz es el segundo cultivo más importante en la Comarca Lagunera, solo después de la Alfalfa, que es un cultivo anual, con una superficie sembrada de 39,455 ha^{-1} (Sagarpa 2012). La planta de maíz es un excelente forraje para el ganado, especialmente para las vacas lecheras debido a su alto rendimiento energético y fibra que aporta. (Reta *et al*., 2002) El estiércol se compone de residuos de alimentos no digeridos, enzimas digestivas, células eliminadas en el tracto intestinal, residuos de microorganismos no digeridos (bacterias); la cantidad de estiércol producida cada día puede variar según la tasa de ingestión y la composición de la dieta. La composición del estiércol producido por vacas lecheras está conformado por un 79% de agua y un 21% de materia seca; de la cual el 2.3% es nitrógeno (N), 1.1% fósforo (P_2O_5) y 2.9% de potasio (K_2O) (Ensminger *et al.*, 1990)**.** La solarización consiste en colocar cubiertas plásticas que tienen la capacidad de captar la radiación e incrementar la temperatura, para

este proceso en estiércol se hacen pilas de dos metros de ancho por tres metros de lago con una altura de un metro.

De acuerdo a los estudios realizados por Vázquez *et al.,* (2008), al solarizar el estiércol (en las condiciones de la Comarca Lagunera), utilizando doble capa plástica se alcanzaron temperaturas de hasta 62°C, observando que se elimina la presencia de patógenos como E. colli y Salmonella, logrando así un abono microbiológico inocuo para uso agrícola.

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), durante el ciclo otoño invierno del 2012, dicha facultad está ubicada en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en el ejido Venecia, Mpio. De Gómez Palacio, Dgo, entre los 25º 46' 58" de latitud norte y 103º 20' 56" de longitud oeste de Greenwich.

Características Climáticas

Según la clasificación de Köppen modificado por García (1981) 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 ºC, con rangos de 38.5 ºC como media máxima y 16.1 ºC como media mínima. El sitio tiene una altitud de 1 150 msnm.

Conducción del Experimento

Siembra y variedad. La siembra se llevó a cabo el 10 de septiembre del año 2012. El cultivo se estableció en líneas de 0.75 m de ancho con dos densidades de siembra. La parcela experimental total fue de 8 m^2 (4m X 2m) y la variedad utilizada fue la San Lorenzo.

Factores de estudio.

Factor A: Densidad de plantas A_1 = 105,000 plantas ha^{-1} ,A_2 = 145,000 plantas ha^{-1}. Factor B: Dosis de estiércol t ha^{-1} B_1= 0 t ha^{-1}, B_2 =40 t ha^{-1},B_3=80 t ha^{-1} , B_4=120 t ha^{-1} B_5= Fertilizante Químico 100-150-00.

Diseño experimental.

El diseño experimental que se empleo fue bloques al azar con un arreglo en franjas con cuatro repeticiones.

Variables evaluadas en la planta

Rendimiento de forraje verde, numero y peso de mazorcas y peso de 100 semillas

Variables medidas en el suelo

Se analizaron: pH, Materia orgánica (M.O.), Conductividad eléctrica (C.E.), Nitratos (NO_3.

Resultados y discusión

Rendimiento de forraje verde

El forraje verde mostro diferencia significativa entre densidades y entre tratamientos de estiercol, P ≥ 0.05 (0.0005) según el análisis de varianza; coincidiendo con lo señalado por Reta et, al (2002) que el rendimiento incrementa con la densidad de planta. En cuanto al factor B el mejor tratamiento en forraje verde, fue el de 80 t ha^{-1} de estiércol solarizado con 98 t ha^{-1} según prueba de medias de anovas, no fue estadísticamente significativa con la de 120 t ha^{-1}, comprobando lo mencionado por Salazar et,al., (2004), pero si fue estadísticamente significativa contra los tratamientos de 40 t ha^{-1}, testigo y fertilizante químico. P ≥ 0.05 (0.0003).

Número y peso de mazorcas, peso de 100 semillas

En los resultados para las variables de numero de mazorca y peso de mazorcas se obtuvieron los siguientes resultados (cuadro 1), pudiendo observar que los tratamientos con mayor numero de mazorcas fueron el de 40, 80 ton ha^{-1} de estiércol solarizado y el testigo químico (100-150-00), registrando 2.25 mazorcas por planta; en cuanto al peso de mazorcas el tratamiento que sobresalió fue el de 120 ton ha^{-1}, registrando un peso por mazorca de 192.91 gr; referente al peso de cien semillas el tratamiento de 40 ton ha^{-1} de estiércol mostró el mayor peso de 100 semillas con 30.25 g.

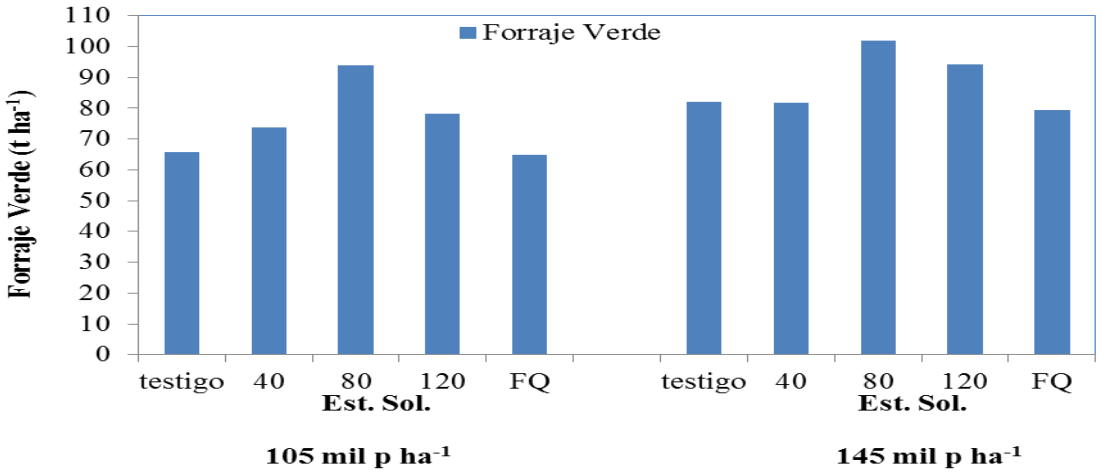


Figura 1. Rendimiento de forraje verde en Maíz Forrajero. Venecia, Durango, México, 2012.

Cuadro 1. Cuadro de medias de las variables: Numero de mazorcas, peso por mazorca y peso de cien semillas. CAE-FAZ-UJED 2012.

Estiércol solarizado	Numero de Mazorcas	Peso mazorca (gr)	Peso 100 semillas (gr)
0 ton ha-1	2	145.81	23.23
40 ton ha-1	2.25	182.81	30.25
80 ton ha-1	2.25	160.35	29.70
120 ton ha-1	2	192.91	27.85
100-150-00	2.25	164.12	30.04

pH del suelo

En la figura 2 podemos observar los valores de pH que obtuvieron los diferentes tratamientos de estiércol solarizado, en las fechas 1 (24 enero) y 2 (11 Julio) que se realizaron muestreos y a las dos profundidades (0-15 y 15-30 cm); se observa que los valores de pH son menores en todos los tratamientos en la fecha 2, obteniendo los niveles mayores el tratamiento de 80 ton ha^{-1}, 8.31 (0-15 cm) y 8.29 (15.30 cm) para la fecha 1; en la fecha 2, para el primer estrato (0-15 cm) el valor más alto lo obtuvo el tratamiento de 80 ton ha^{-1} con 7.43 y para el estrato de 15-30 cm el tratamiento de 0 ton ha^{-1} obtuvo el pH mas alto con 7.36.

Conductividad Eléctrica (C.E.)

Los resultados obtenidos del análisis de suelo con respecto a C.E. se observan en la figura 2; los valores de C.E. fueron menores en la segunda fecha, 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 ton ha-1, para la profundidad de 0-15 cm con 4.28 dS m^{-1} (fecha 1), y 2.67 dS m^{-1} (fecha 2); en la profundidad de 30-15 cm, para la fecha 1 el tratamiento de 120 ton ha^{-1} obtuvo el valor mas alto con 3.45 dS m^{-1}, para la fecha 2 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.

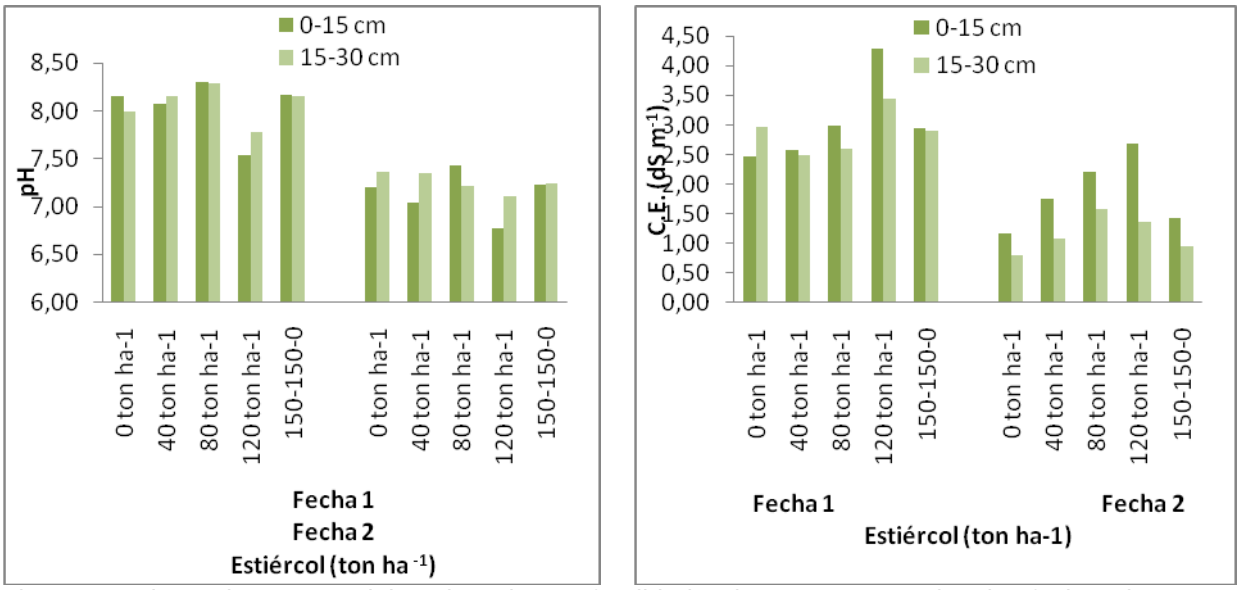


Figura 2. Valores de pH y ce del suelo a dos profundidades (0-15 y 15-30 cm) y dos fechas de muestreo, en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado. CAE-FAZ.UJED 2012.

Materia Orgánica (M.O.)

Los porcentajes de materia orgánica obtenidos (figura 4) reflejan un incremento en todos los tratamientos en la Fecha 2 (11 Julio). Los porcentajes mayores para la fecha 1 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 la fecha 2 el de 80 ton ha^{-1} obtuvo el porcentaje mas 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 5 se puede observar que hubo un incremento bastante alto en el contenido de nitratos en el suelo en la fecha 2, siendo el tratamiento con mayor contenido de nitratos el de 120 ton ha^{-1}, para la fecha 1 se obtuvieron 14.71 (0-15 cm) y 11.7 ppm (15-30), mientras que para la fecha 2, 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 mas favorables en el primer estrato para la transformación del nitrógeno a nitratos mediante la mineralización.

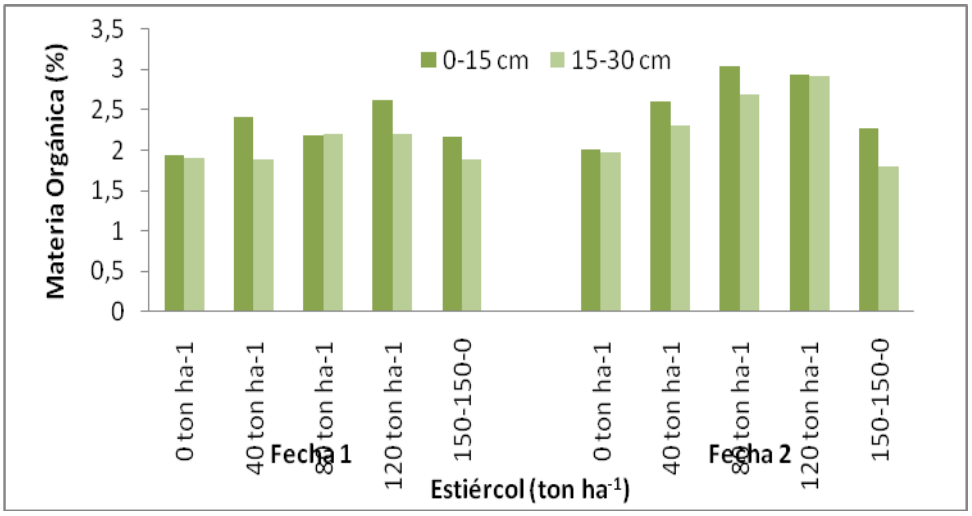


Figura 4. Porcentajes de Materia Orgánica del suelo, en dos profundidades y dos fechas de muestreo, en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado. CAE-FAZ-UJED 2012.

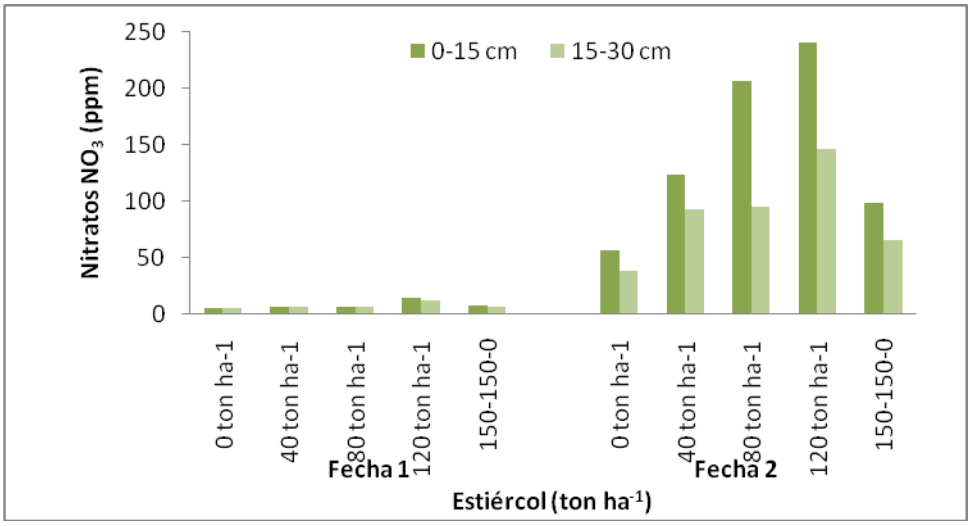


Figura 5. Contenido de Nitratos en el suelo (ppm), en dos profundidades y dos fechas de muestreo, en los diferentes tratamientos de estiércol solarizado. CAE-FAZ-UJED 2012.

Conclusiones

El aumento en la densidad de población incrementa el rendimiento pero debemos tener precaución con el comportamiento de la calidad. El peso y numero de mazorcas fue mayor en los tratamientos estercolados sin embargo los valores están muy cercanos a los reportados por el fertilizante químico. El contenido de mo aumento en la segunda fecha de muestreo debido a la biodegradación del estiercol en el ciclo del cultivo.

Bibliografia

Ensminger *et al*. 1990. Feeds and Nutrition. P 478.

Fortis M., Salazar E., Orona C. I., Leos R. J., Rodríguez R. C., Montemayor T. J., García S. J., Aldaco N. R. 2007. Capitulo 1 Estadísticas de la Producción Orgánica. Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. Impresos Selectos ARAC.

García, E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial Offset Larios, S. A. México, D.F.

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.

SAGARPA. 2011 Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2000. Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango. Alianza por el campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. Cd. Lerdo, Durango, México.

SAGARPA. 2012 Anuario estadístico de la producción agropecuaria 2000. Sistema de Información Agropecuaria. Región Lagunera Coahuila-Durango. Alianza por el campo. Subdelegación de Planeación y Desarrollo Rural. Cd. Lerdo, Durango, México.

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 Phyton, Argentina.

Salazar, S.E., López, M.J., Trejo, E.H.I., Vázquez, V.C., Fortis, H.M, Zúñiga, T.R., Vital, S.J. y A.P. Mexica. 2007. Aplicación al suelo de estiércol bovino con y sin solarizar y su impacto en maíz forrajero. *In*: Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. pp: 82-113.

Vázquez, V.C., Reyes, O.M., Salazar, S.E., Figueroa, V.R., López, M.J., Orona, C.I., Zúñiga, T.R., F. Jiménez. 2008. Solarización del estiércol de bovino para producción de abono orgánico inocuo en la Comarca Lagunera. Agricultura Orgánica, Revista AgroFaz. Volumen 8, numero 2.

PRODUCCION ORGANICA DE SORGO FORRAJERO CON Y SIN MICORRIZAS BAJO RIEGO SUB SUPERFICIAL

Hermosillo Salazar L. J.1; Luna Anguiano J.2*; Quevedo Osornio J. C.3; Ceniceros García A. K4; Estrada Santoyo L. Z.4

[1]Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAANUL)
[2]Alumno de doctorado institucional en ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango. (DICAF-UJED)
[3]Alumno de maestria en agricultura organica sustentable de de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED)
[4]Alumno de licenciatura de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (FAZ-UJED)

* Autor responsable: maestrillo14@hotmail.com; Ejido San Felipe, Municipio de Gómez Palacio Dgo., C.P. 35118, Tel. 8711 78 01 10.

Resumen

La agricultura orgánica proscribe 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). México está ubicado en el contexto internacional como país productor-exportador de alimentos orgánicos, siendo los principales productos el café, mango, platano, maíces y recientemente el sorgo sin contar aun con estadísticas relevantes sobre este cultivo de manera organica. El uso de los hongos micorrízicos y el empleo de abonos organicos es una practica que en la región lagunera ha ido incrementando en investigaciones

llevadas a cabo por instituciones pioneras en la agricultura en este contexto se establecio un experimento de sorgo forrajero con distintas dosis de estiercol y la utilización de hongos micorrízicos con el objetivo de establecer una tecnología de producción orgánica de sorgo forrajero en la Comarca Lagunera y además determinar el efecto del estiércol solarizado y micorrizas, se utilizo un diseño de bloques al azar con arreglo en franjas con cuatro repeticiones, los resultados no mostraron diferencia entre la semilla inoculada y la semilla no inoculada sin embargo se encontró el mayor rendimiento en la dosis de 80 t ha^{-1} de estiercol solarizado con 58.1 t ha^{-1} de forraje, la fertilización química, el testigo y el tratamiento de 120 t ha^{-1} de estiercol solarizado fueron estadísticamente iguales pero superados por la dosis de 40 t ha^{-1} de estiercol solarizado que produjo 54.5 t ha^{-1} de forraje.

Palabras Clave: Hongos micorrízicos, estiércol solarizado, inoculación.

Introducción

En el país, el sector orgánico es el subsector agrícola más dinámico, pues ha aumentado su superficie cultivada orgánicamente de 23 000 ha en 1996 a 103 000 ha en 2000, y para 2002 se estimó que alcanzó las 216 000 ha. (Gómez-Cruz, M. *et al.* 2001.) En la Región Lagunera los forrajes que en mayor superficie se cultivan son alfalfa, maíz, sorgo, avena, cebada, triticale y zacate ballico, la participación del sorgo en la agricultura es de gran importancia, pues ocupa el segundo lugar en cuanto a producción obtenida de los diez principales granos básicos, después del maíz y el tercer lugar en cuanto a superficie sembrada, después del maíz y del frijol. (Campo Mexicano, 2003).

El empleo de sorgo 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).

La producción de forraje con de sorgo es de 18-20 t ha^{-1} de materia seca y de 35 hasta 43 t ha^{-1} de forraje verde (Inifap 2011). 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).
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 cortinales 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.

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), durante el ciclo primavera-verano del 2012, La facultad está ubicada en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo., en el ejido Venecia, Mpio. De Gómez Palacio, Dgo, entre los 25º 46’ 58” de latitud norte y 103º 20’ 56” de longitud oeste de Greenwich.

Características Climáticas

Según la clasificación de Köppen modificado por García (1981) 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 ºC y una altura de 1,150 msnm.
Factores de estudio. Fueron: Factor A_1: Sorgo inoculado A_2 = Sorgo sin inocular . Factor B: Dosis de estiércol B_1= 0 t ha^{-1}, B_2 =40 t ha^{-1},B_3=80 t ha^{-1} , B_4=120 t ha^{-1} B_5= Fertilizante Químico 100-150-00. El diseño experimental que se empleo fue bloques al azar con un arreglo en franjas con cuatro repeticiones.

Siembra y variedad

La siembra se efectuó en el ciclo primavera-verano el dia 28 de marzo de 2012, con una densidad de población de 10 kg ha^{-1} de semilla, se utilizo la variedad gigante verde nervadura café con una distancia entre surcos de .50 m y 8 m^2 por unidad experimental.

Fertilización

Para el tratamiento con fertilización química se utilizó Urea y MAP con una dosis de 100-150-00 de N-P y K respectivamente que es la dosis utilizada por los productores de la región lagunera en la producción de sorgo forrajero.

Riegos

Se utilizo un sistema de riego por cintilla, estos se llevaron a cabo 2 veces por semana con un intervalo de seis horas de riego, sin embargo este factor n seo tuvo en estudio.

Las variables a evaluar en la planta fueron: Rendimiento (t ha^{-1}), Altura de planta (m), Numero de hojas y numero de nudos y en el suelo se evaluó: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, calcio y magnesio.

Resultados y Discusión

Rendimiento

El análisis de varianza correspondiente al rendimiento de forraje verde no se mostro diferencia estadística entre los factores con y sin micorriza sin embargo al realizar la comparación de medias

entre los tratamientos, (Figura 1), se encontró como el mayor tratamiento a la dosis de 80 t ha^{-1} de estiercol solarizado con un rendimiento de 58.1 t ha^{-1} de forraje verde, seguido del tratamiento de 40 t ha^{-1} de estiercol con 54.5 t ha^{-1} de forraje verde siendo estos estadísticamente iguales, el testigo, la fertilización química y la dosis de 120 t ha^{-1} de estiercol resultaron estadísticamente igual con rendimientos de 49.3, 52.2 y 43.6 t ha^{-1} de forraje respectivamente.

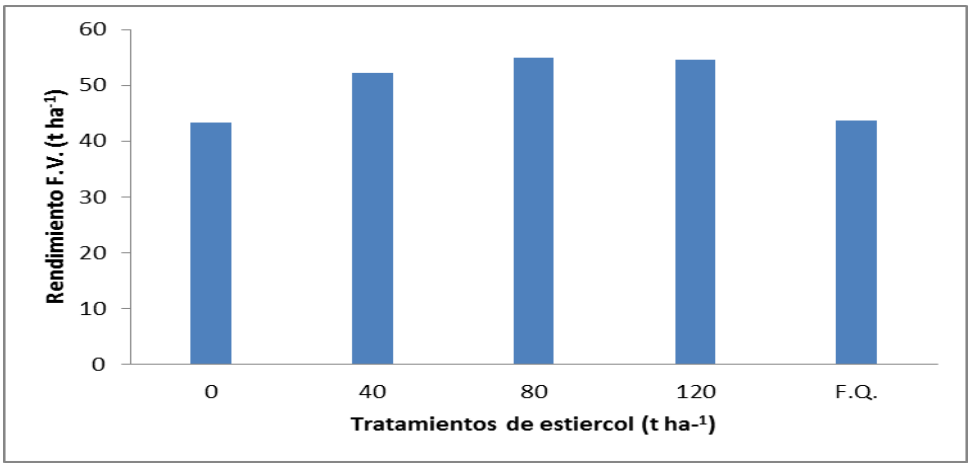


Figura 1.- Rendimiento de forraje verde de sorgo forrajero.CAE-FAZ-UJED.2012

Altura de planta

En el análisis de varianza se reporto una pr>F de 0.0002 entre los tratamientos con micorrizas y estiércol, donde los mayores resultados los reportan los tratamientos estercolados tanto en las semilla con micorriza como en la semilla sin micorriza, (Figura 2) los resultados muestran la misma tendencia con y sin micorriza siendo estos estadísticamente iguales entre 2.5 y 2.9 metros en las dosis correspondientes a 40, 80 y 120 t ha^{-1} de estiércol solarizado, la fertilización química mostro los mismos valores que la menor dosis de estiércol, el testigo reporto los valores mas bajos con 2.2 y 2.2 m con y sin micorriza respectivamente.

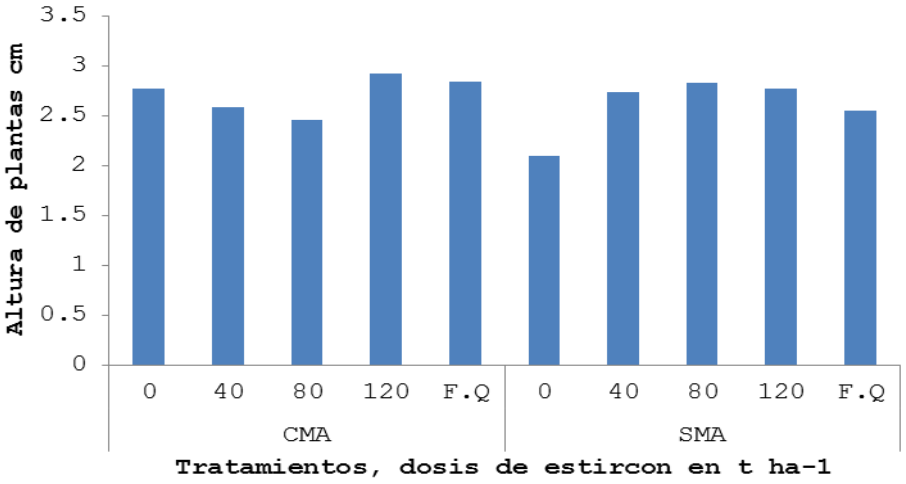


Figura 1. Altura de planta del sorgo forrajero.CAE-FAZ-UJED.2012

Conductividad Eléctrica (ce) del suelo

La conductividad eléctrica en el suelo al momento de realizar el análisis de varianza mostro una Pr>F de 0.002 para el factor profundidad encontrándose el mayor contenido de sales en la primer

profundidad correspondiente a los primeros 20 centímetros con un valor de 3.2 dS m^{-1}, para la segunda profundidad se reporto un valor de 2.6 dS m^{-1} para la profundidad de 20 a 40 cm Figura 3.

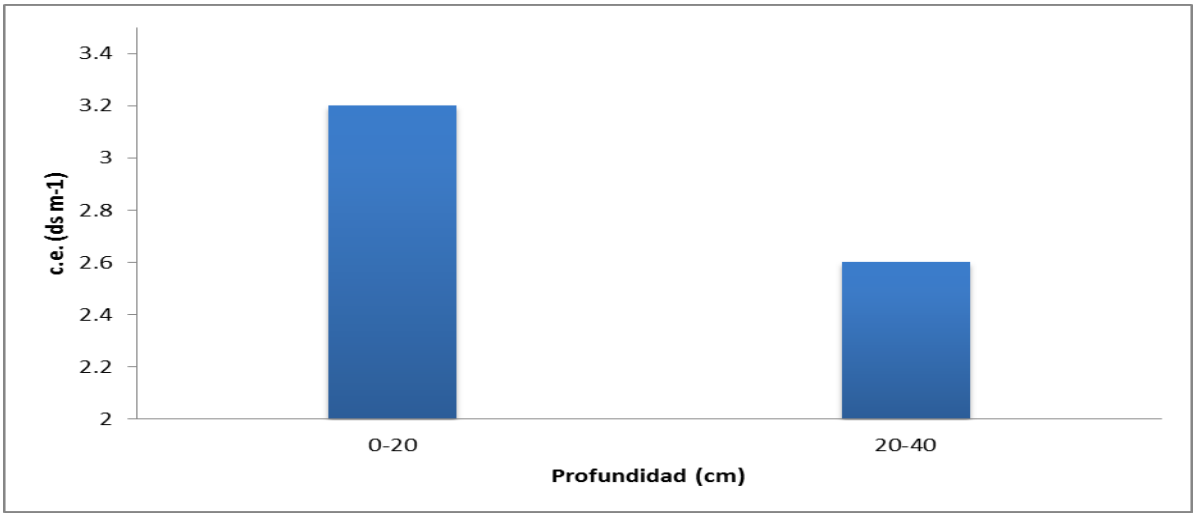


Figura 3. Conductividad Electrica a dos profundidades de suelo. CAE-FAZ-UJED.2012.

Materia Orgánica del suelo

En la materia organica del suelo el análisis de varianza mostro diferencia estadística en el factor A mostrando una Pr>F de 0.008, donde el mayor contenido de materia organica se encontró en los tratamientos con el hongo micorrizico con un valor de 2.2%, los tratamientos sin hongo micorrizico alcanzaron un 2.05 de contenido de materia organica (Figura 4), En el anova anteriormente mencionado también se encontró diferencia significativa con una Pr>f de 0.02 para los tratamientos con estiércol, donde las dosis de 40, 80 y el testigo fueron estadísticamente iguales con valores entre 2.2 y 2.4 %, la fertilización química alcanzo 1.7 % de materia organica mientras que la dosis de 120 t ha^{-1} de estiércol reporto un valor de 2.1 de mo (Figura 4), el cual fue inferior a los tratamientos estercolados e incluso al testigo.

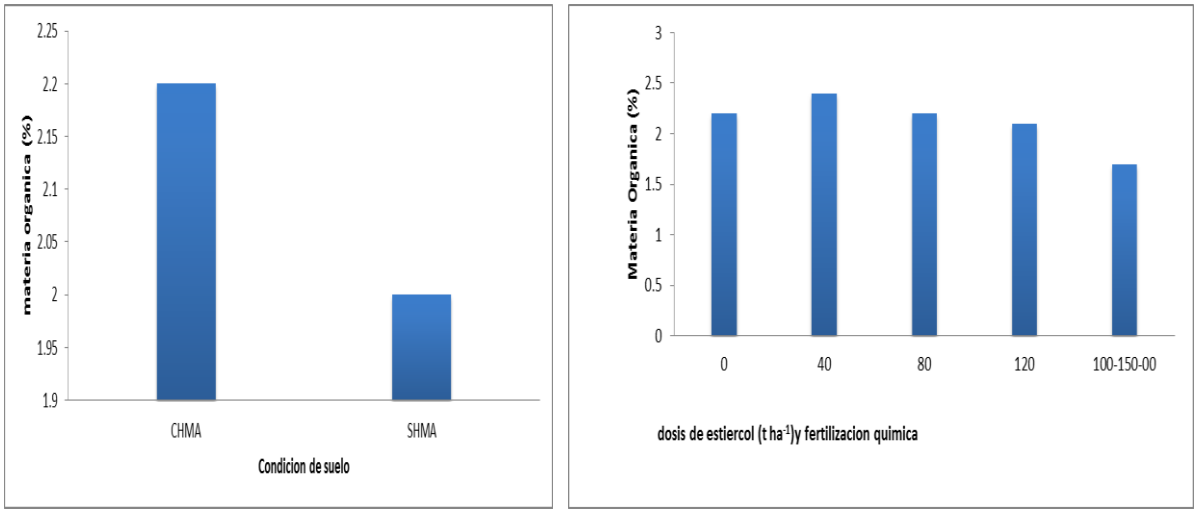


Figura 4. Materia orgánica del suelo a dos condiciones de suelo y tratamientos de estiercol. CAE-FAZ-UJED.2012.

Magnesio en el suelo

El anova realizado para el magnesio en el suelo no mostro diferencia estadística entre ninguno de los factores sin embargo en el factor estiércol se encontró una Pr>F de 0.059, encontrándose en la comparacion de medias (Figura 5), los valores mas altos de Ca en el testigo y la dosis de 40 t ha^{-1}, siendo estos estadísticamente iguales, seguidos de las dosis de 80 y 60 t ha^{-1} fueron estadísticamente iguales con valores entre 6.5 y 7.1, la fertilización química obtuvo los mas bajos valores con 6.1.

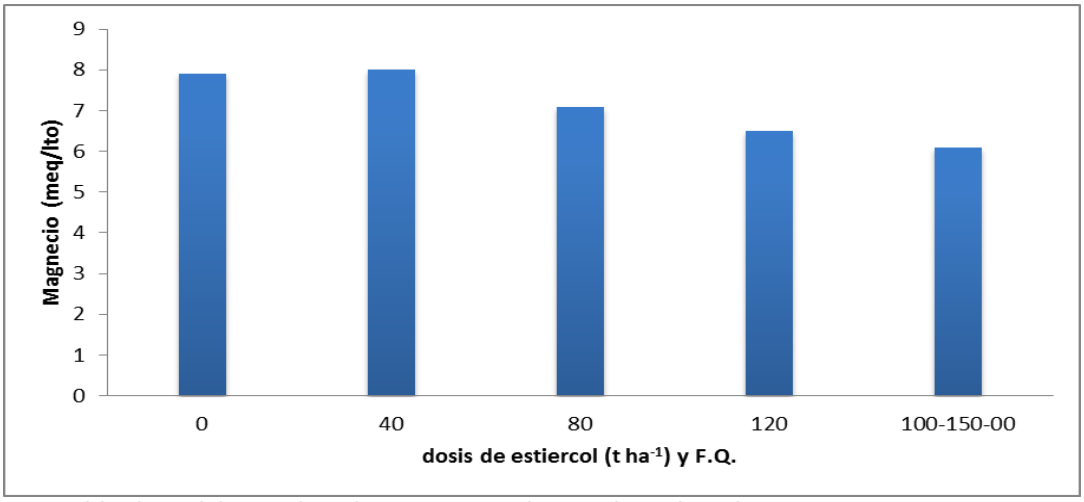


Figura 5. Contenido de Calcio en el suelo entre tratamientos de estiercol.CAE-FAZ-UJED.2012.

Conclusiones

Las dosis de estiercol de 40 y 80 t ha^{-1} de estiercol superaron al testigo y a la dosis de 120 t ha^{-1}. El cultivo alcanzo mayor altura en la dosis mayor de estiercol, sin embargo su rendimiento fue menor.

El contenido de sales puede ser perjudicial para el siguiente ciclo según las siguientes aplicaciones de abono. Los hongos micorrízicos favorecen el aumento de la materia organica

Bibliografia

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.

Comisión nacional del agua 1999. Problemática en la región administrativa cuencas centrales del norte. Gerencia en la región lagunera. Subgerencia técnica.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1991. Manejo del suelo: producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín (56): 180. Roma, Italia.

Gómez-Cruz, M. *et al.* 2001. *Agricultura orgánica de México. Datos básicos*. CIESTAM SAGARPA, Chapingo, 44 pp.

http://utep.inifap.gob.mx/tecnologias/9.%20Forrajes%20y%20pastizales/Kenaf,%20cultivo%20forrajero%20alternativo%20para%20el%20ciclo%20de%20verano%20en%20la%20Comarca%20Lagunera.pdf)

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.

PÉRDIDA EDÁFICA DE NUTRIENTES POR ESCORRENTÍA EN PARCELAS DELIMITADAS CON DISTINTOS USOS

López Teloxa*[1], L.C.; Castelán Vega[2], R.; Abel Cruz Montalvo, A.[2] ; J. V. Tamaríz Flores[2]

[*1]Posgrado en Ciencias Ambientales. Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; México. citlaly_lo@hotmail.com.
[2]Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas-BUAP; México.
14 sur 6301, San Manuel, Puebla, Pue. Tel. (22 22) 295500 ext. 7352. Fax ext. 7351, C. P. 75470.

*Autor responsible: rosalia.castelan@correo.buap.mx; abel.cruz@correo.buap.mx; jose.tamariz@correo.buap.mx.

Resumen

El suelo es un recurso natural que sostiene a los ecosistemas. Su degradación es debido a los procesos inducidos por la sociedad, disminuyendo su capacidad actual y futura para sostener la vida humana. El objetivo de este trabajo fue cuantificar la pérdida de materia orgánica y nutrientes primarios (N,P,K) del suelo con distintos usos en parcelas experimentales. Se instalaron 3 parcelas de escurrimiento con dimensiones de 3 m de ancho por 9 m de largo durante la temporada de lluvia, para su selección se consideró la inclinación de la pendiente y el tipo de cultivo presente: Maíz (Mz), Maíz-Calabaza (Mz-Cz) y Maíz-Avena (Mz-Av). Se recolectaron los sedimentos de cada parcela, a los cuales se les evaluó la concentración de materia orgánica, fósforo, nitrógeno, pH y conductividad eléctrica según la NOM-021-SEMARNAT-2000. De los resultados obtenidos se observó que las concentraciones de materia orgánica fueron de 6.87, 2.18 y 2.07%; Fósforo 30.06, 12.24 y 2.48 ppm; Nitrógeno 0.32, 0.15 y 0.20%; conductividad eléctrica 1.22, 0.46 y 0.51 dS/m; y pH 7.16, 6.81 y 6.77; en los sedimentos de las parcelas Mz, Mz-Cz y Mz-Av, respectivamente. De las tres parcelas se observa que existen mayores pérdidas de materia orgánica en Mz y Mz-Cz; por otro lado existen menores pérdidas de nitrógeno y fósforo en las tres parcelas; los valores de pH y conductividad eléctrica indican bajas perdidas de bases intercambiables. Estos resultados revelan la importancia de la erosión hídrica en la disminución de la fertilidad de los suelos evaluados.

Palabras clave: Erosión hídrica; Nutrientes; Suelo

Introducción

La pérdida de fertilidad del suelo debido a la erosión hídrica es el problema ambiental más grande que enfrentan los agricultores en el mundo (Leal *et al.*, 2007). En Centroamérica esta situación representa un gran desafío, ya que el incrementar los niveles de producción se ha vuelto un grave problema para el sector agrícola y para el medio ambiente (Sain *et al.,* 1994). Los estudios de los procesos de escorrentía muestran que las precipitaciones constituyen el factor más agresivo en el proceso de erosión de los suelos.

El fenómeno de erosión hídrica comienza desde que las gotas de lluvia impactan al suelo, hasta cuando la velocidad de infiltración es menor que la tasa de precipitación y el agua comienza a escurrir. Para la estimación de la erosividad, que resulta de las precipitaciones, se utilizan diversos métodos matemáticos, los cuales incluyen los promedios mensuales y anuales de la precipitación, por ejemplo: el Índice Modificado de Fournier y el factor R de erosividad de las precipitaciones propuesto en el modelo de la RUSLE que encierra valores de energía cinética e intensidad de las gotas (Almoza *et al.*, 2008).

Materiales y Métodos

De acuerdo a Pizarro *et al.* 2006, la metodología que se empleó para desarrollar e implementar la evaluación de la erosión en las parcelas delimitadas, se puede resumir en las siguientes actividades:

1.- Definición de los lugares de las parcelas.
2.- Definición de las características de las parcelas, preparación del material necesario para implementarlas y preparación de la superficie del suelo en que se instalan las parcelas.
3.- Trabajo en laboratorio para determinar características de densidad aparente del suelo.
4.- Medición de los clavos de erosión después de la temporada de lluvia.
5.- Procesamiento y análisis de la información.

Para el caso específico de este trabajo se instalaron 3 parcelas experimentales delimitadas de 9 x 3 m, que de acuerdo a Morgan (1997) permiten el estudio dinámico de los procesos erosivos. Son esencialmente instrumentos de campo que permiten medir escorrentía y sedimentos en una superficie de terreno delimitada, en la que se conoce sus características edáficas, topográficas, recubrimiento del suelo, estado de la vegetación, sistemas de manejo aplicados y usos del suelo. Después de cada evento lluvioso se recolectaron y midieron los sedimentos y la escorrentía producidos. A continuación se muestra una breve descripción de las parcelas establecidas:
Se recolectaron los sedimentos, asi como muestras de suelo de cada parcela, a los cuales se les evaluó la concentración de materia orgánica, textura, fósforo, nitrógeno y pH según la NOM-021-SEMARNAT-2000.

Resultados y Discusión

La erosión provoca grandes problemas en la calidad del agua de ríos o lagos y aunque la agricultura contribuye en muchas formas a deteriorar la calidad del agua, la sedimentación y erosión antropogénicas es un problema mundial que suele estar especialmente asociado a la agricultura. Si bien no hay cifras mundiales, es probable que la agricultura, en sentido amplio, sea la causante de gran parte del aporte mundial de sedimentos a los ríos, lagos, estuarios y, finalmente, a los océanos mundiales (FAO, 1997).

Resultados de los análisis de suelo de las parcelas

Las características físicas de los suelos de las parcelas se observan en el Cuadro 1, en donde se puede apreciar que no se presentaron cambios en cuanto a las texturas de las parcelas Mz y Mz-Cz, ya que en la primera la clase textural es franco-arcillosa y en la segunda es franco-areno-arcillosa, es decir que ambas son de textura moderadamente fina. Estos suelos son considerados con una porosidad equilibrada, que permite buenas condiciones de aireación y drenaje. Son suelos ideales para la producción agrícola por su amplia capacidad productiva y disponibilidad de agua y nutrimentos (Castellanos *et al.,* 2000). Para el caso de la parcela Mz-Av la clase textural es arcillosa para ambos meses, es decir, fina; estos suelos son normalmente los de mayor fertilidad natural debido a los altos contenidos de materia orgánica que presentan, son extraordinariamente productivos y muy fértiles si se manejan y labran apropiadamente (Castellanos *et al.,* 2000). Sin embargo, deben manejarse de manera adecuada, pues son altamente susceptibles a la compactación cuando se labra o cultiva en condiciones húmedas. Las propiedades químicas y físicas de los suelos son controladas en gran parte por la arcilla y el humus, actuando como centros de actividad a cuyo alrededor ocurren reacciones químicas y cambios nutritivos. Además, por la atracción de los iones a sus superficies protegen temporalmente las partículas nutritivas esenciales contra la erosión y luego las abandonan poco a poco para el uso de la planta (Buckman y Brady, 1982).

Cuadro 1. Características Físicas de los suelos de las parcelas.

Mes	Suelo Parcela	% Arena	% Arcilla	% Limo	Clase Textural
Jul	Mz	41.7	32.1	26.2	Franco-arcilloso
	Mz-Cz	57.7	22.1	20.2	Franco-areno-arcilloso
	Mz-Av	27.7	48.1	24.2	Arcilloso
Sep	Mz	38.2	37.8	24	Franco-arcilloso
	Mz-Cz	54.2	23.8	22	Franco-areno-arcilloso
	Mz-Av	30.9	47.1	22	Arcilloso

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de las características químicas de las parcelas, observando que en los tres casos el pH es considerado como ideal para la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (Castellanos *et al.,* 2000), pese a que los datos obtenidos en las tres parcelas presentan una ligera disminución cuando las precipitaciones son menores. El suelo de la parcela Mz indica un intervalo en el pH de 7.7 y 7.6, en julio y septiembre, respectivamente, esto significa que es un suelo medianamente alcalino. Para la parcela Mz-Cz, el pH varía entre 7.1 y 6.7, lo que indica que es un suelo neutro. Mientras que en la parcela Mz-Av el pH varía considerablemente de un mes a otro (7.4 a 6.4), pasando de ser moderadamente alcalino en julio a moderadamente ácido en septiembre. Esta variación del pH es importante desde el punto de vista agronómico, ya que modifica el grado de solubilidad de los nutrientes en el suelo, es decir, en un suelo ácido hay más disponibilidad de nutrientes que en un suelo alcalino.

El porcentaje de materia orgánica de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 es muy bajo. Sin embargo, según Castellanos *et al.,* (2000), los suelos de textura gruesa tienden a presentar menores contenidos de materia orgánica que los de textura fina, ya que las arcillas protegen la materia orgánica. En función de la textura que presenta el suelo de las parcelas evaluadas, en la que se siembra maíz (Mz) el porcentaje de materia orgánica es moderadamente alto en el mes de julio (2.6%), no obstante, para septiembre disminuye considerándose como medio (1.9%). En la parcela de Mz-Cz en julio se presenta un porcentaje muy bajo (0.3%) y se incrementa al siguiente mes, aunque se sigue considerando un valor bajo (1.1%). Para el caso de la parcela Mz-Av, durante el primer mes presenta un porcentaje bajo (1%) y para septiembre es moderadamente bajo (1.6%).

En la parcela Mz el porcentaje de nitrógeno total es de clase media en ambos meses, con un porcentaje inicial para julio de 0.4% y 0.3% para Septiembre; por otra parte la parcela Mz-Cz presenta bajos porcentajes de nitrógeno total, ya que para julio fue de 0.2%, y para septiembre de apenas 0.1%. La parcela Mz-Av aunque presenta un porcentaje bajo, la concentración de nitrógeno total se mantuvo en ambos meses. En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80% de N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50% del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental.

Se demostró que la parcela Mz en julio y septiembre presenta niveles altos (180.8 – 20.8 ppm) de fosforo, ya que el dueño de esta parcela agrega constantemente el estiércol de su ganado, Sin embargo, en las parcelas Mz-Cz y Mz-Av, no se les agrega estiércol de ganado, por lo que sus niveles de fósforo disponible se encuentran en un nivel medio; 10.7 ppm y 3.8 ppm, para julio y septiembre, respectivamente en Mz-Cz; y de 8.3 ppm y 6.7 ppm, para julio y septiembre, respectivamente en Mz-Av. Según Castellanos (1986) y Muñoz y Castellanos (1988) el estiércol es uno de los desechos animales más eficientes para suministrar fósforo al suelo, ya que su concentración es tan alta como la de los fertilizantes minerales e incluso la disponibilidad de fósforo en el suelo tiende a ser mayor en los abonos orgánicos que en los fertilizantes minerales.

Cuadro 2. Características químicas de los suelos de las parcelas.

Mes	Suelo Parcela	pH H_2O	Fósforo Disponible Bray y Kurtz I(ppm)	% Nitrógeno Total	% Mat. Orgánica
Jul	Mz	7.7	180.8	0.4	2.6
	Mz-Cz	7.1	10.7	0.2	0.3
	Mz-Av	7.4	8.3	0.1	1.0
Sep	Mz	7.6	20.8	0.3	1.9
	Mz-Cz	6.7	3.8	0.1	1.1
	Mz-Av	6.4	6.7	0.1	1.6

Resultados de los análisis de sedimentos de las parcelas

Las características físicas de los sedimentos recolectados de cada parcela, para los tres meses evaluados se observan en el Cuadro 3; el mes de septiembre no se realizaron los correspondientes análisis, ya que las precipitaciones fueron menores, no consiguiéndose así el sedimento suficiente para la valoración de estos parámetros; sin embargo, cabe recalcar que a pesar que las precipitaciones de septiembre y agosto son muy parecidas, las proporciones de pérdida de suelo son muy diferentes, esto debido a que, de acuerdo a la intensidad y cantidad de lluvia, tipo de suelo y grado de protección de la superficie (desnudo, rastrojos, cultivo verde) se produce erosión hídrica de distinta gravedad (Michelena, 2013). Es decir, lo que sucedió en agosto es que la intensidad de lluvia fue mayor que en septiembre, aunque la cantidad precipitada haya sido similar, además que la cantidad de lluvia en agosto tuvo una duración menor que en septiembre.

Según la USDA en el caso de la parcela de Mz, el sedimento del mes de julio presentó una clase textural franco arcilloso, es decir, de textura moderadamente fina, donde se perdieron de manera equitativa arcillas y limos, y en menor cantidad, arenas; en el mes de agosto la clase textural de los sedimentos fue arcilloso, es decir de textura fina, donde se perdieron en mayor proporción las arcillas; para el caso de la parcela Mz-Av, la clase textural en ambos meses fue arcilloso, es decir, de textura fina, lo que significa que se perdieron en mayor proporción las arcillas; mientras que en la parcela Mz-Cz la clase textural paso de tener una textura fina a una textura moderadamente fina.

Cuadro 3. Características Físicas de los Sedimentos.

Mes	Clave Parcela	% Arena	% Arcilla	% Limo	Clase Textural
Jul	Mz	23.7	38.1	38.2	Franco-arcilloso
	Mz-Cz	17.7	42.1	40.2	Arcilloso
	Mz-Av	17.7	44.1	38.2	Arcilloso
Ago	Mz	18.2	43.8	38	Arcilloso
	Mz-Cz	58.2	25.8	16	Franco-areno-arcilloso
	Mz-Av	14.2	59.8	26	Arcilloso
Sep	Mz	-	-	-	-
	Mz-Cz	-	-	-	-
	Mz-Av	-	-	-	-

Las características químicas de los sedimentos se muestran en el cuadro 4. Según la NOM-021-SEMARNAT-2000, para los sedimentos de la parcela Mz, el pH fluctúa de 7.4 a 85 6.9, es decir, varian de medianamente alcalinos a neutros; para julio y agosto, respectivamente. Mientras tanto en la parcela Mz-Cz varia de 6.9 a 6.7, esto significa que es neutro en ambos meses. Por último, en la parcela Mz-Av, el pH va de 7.1 a 6.5, siendo neutro para los dos meses.

Cuadro 4. Características químicas de los Sedimentos.

Mes	Sedimentos Parcela	pH H_2O	Fósforo Disponible Bray y Kurtz I(ppm)	g/Kg N total	g/Kg CO
	Mz	7.4	98.3	3.4	33.7
Jul	Mz-Cz	6.9	20.8	2.0	7.8
	Mz-Av	7.1	26.4	2.4	8.7
	Mz	6.9	17.4	2.7	34.3
Ago	Mz-Cz	6.7	6.2	0.3	10.9
	Mz-Av	6.5	2.5	1.0	12.5
	Mz	-	30.1	3.7	51.8
Sep	Mz-Cz	-	12.2	2.4	19.4
	Mz-Av	-	1.6	2.7	14.9

El carbono orgánico (CO) del suelo incide en la estructura del mismo y mejora el entorno físico, lo que hace que las raíces penetren con mayor facilidad. Debido a su baja estabilidad y a su alta concentración en los horizontes superficiales, el CO del suelo es fácilmente movilizado y se puede acumular en los sedimentos a mayores concentraciones que en los suelos de donde procede. Los sedimentos de la parcela Mz contienen concentraciones de 33.6, 34.3 y 51.8 g CO/Kg para julio, agosto y septiembre, respectivamente; cabe mencionar que el campesino dueño de esta parcela constantemente agrega estiércol de su ganado, como fertilizante orgánico. En los sedimentos de la parcela Mz-Cz se reportaron valores de 7.8, 10.9 y 19.4 g CO/Kg, para julio, agosto y septiembre, respectivamente. En el caso de los sedimentos de Mz-Av las pérdidas son de 8.7, 12.5 y 14.9 g CO/Kg para julio, agosto y septiembre, respectivamente. Como se puede observar las pérdidas del porcentaje de CO se incrementan cada mes a medida que la precipitación disminuye, diversos autores (Rodríguez *et al*., 2004) han encontrado una buena correlación entre el tamaño de partículas y el porcentaje de CO, siendo las de menor tamaño (arcilla y limo) las que presentan los valores más elevados de CO. Es decir, la erosión hídrica laminar (como la que ocurre en las parcelas) aún en eventos con escorrentías débiles, donde se erosionan principalmente los elementos más finos del suelo, moviliza sobre todo partículas de pequeño tamaño y superficiales, por lo tanto la movilización de CO es mayor (Roose *et al*., 2006). Otra razón para este aumento podría deberse a que el rastrojo del cultivo fue arrastrado por la escorrentía donde se consideró para su evaluación.

Las pérdidas de fósforo en sedimentos para Mz y Mz-Cz tuvieron una fuerte dinámica, sin embargo para el caso de Mz-Av las pérdidas se redujeron conforme las precipitaciones disminuyeron. De acuerdo a Sanzano (2000), las principales vías de pérdida de fósforo del sistema suelo son: la remoción por la planta (5 a 60 kg/ha año en la biomasa cosechada), la erosión de las partículas de suelo que arrastran fósforo (0,1 a 10 kg/ha año en partículas minerales y orgánicas), y el fósforo disuelto en el agua de escurrimiento superficial (0,01 a 3 kg/ha año). Según Clark *et al.,* (1995) las concentraciones de fósforo para el caso de los sedimentos de la parcela Mz para los 3 meses es alta, 98.34, 17.4 y 30.1 ppm, para julio, agosto y septiembre, respectivamente; lo que significa que hay grandes pérdidas de fósforo disponible para las plantas, estas concentraciones son altas debido a la constante aporte de estiércol al suelo en esta parcela.

Mientras tanto en los sedimentos en la parcela Mz-Cz en el mes de julio la concentración fue de 20.8 ppm, es decir, alta, pero tuvo un decremento en el mes de agosto, hasta ser considerado bajo (6.2 ppm), sin embargo para septiembre la concentración aumentó alcanzando los 12.2 ppm, obteniendo un nivel medio. La concentración en sedimentos de la parcela Mz-Av, durante los 3 meses presenta una continua disminución, en julio su concentración fue alta con 26.4 ppm, para agosto fue baja con 6.2 ppm y, por último, para septiembre la concentración fue muy baja con un valor de 1.6 ppm.

Conclusiones

- Las pérdidas de suelo dependen en mayor medida al grado de pendiente, el tipo de uso de suelo, el labrado y siembra.
- De acuerdo a las parcelas estudiadas con diferentes usos de suelo: Maíz, Maíz-Calabaza y Maíz-Avena con una pendiente de 10%, 9% y 4%, respectivamente. Se demostró que la parcela con Maíz tuvo mayores pérdidas de suelo (4.69 t/ha/Ciclo) comparada con que las dos siguientes, mientras que estas últimas tuvieron pérdidas similares a pesar de las diferencias en cuanto a la pendiente, 3.08 t/ha/Ciclo para Maíz-Calabaza y 2.67 t/ha/Ciclo Maíz-Avena.
- La erosión hídrica ha provocada la pérdida de nutrientes del suelo, como la materia orgánica que se encuentra 3 veces más concentrado en sedimentos que en suelo, lo mismo ocurre con la concentración de Nitrógeno total donde su presencia es 2.5 veces más en sedimentos; por otro lado, el fosforo disponible es 1.2 veces mayor en sedimentos que en suelo.

Agradecimientos

A la Vicerrectora de Estudios de posgrado por la beca otorgada para la realización de este proyecto. Al Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas por las facilidades para la realización de los análisis físicos y químicos.

Bibliografía

Leal, Z; Díaz, J; Schiettecatte, W; Ruiz E; Almoza, Y. (2007).Efecto de la cobertura vegetal de cultivos agrícolas principales sobre el proceso de erosión en suelos de la cuenca del río Cuyaguateje. (en línea). Ciencias Técnicas Agropecuarias. Consultado 19 sept.2011. Disponible en: http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=-1b1add90-189e-4657-9b43-684a8ee39322%40sessionmgr15&vid=1&hid=25

Sain, J; Tripp, R; Brenes, E. (1994).Desafíos presente y futuros del medio ambiente y la productividad de la agroempresa centroamericana (en línea). San José. INCAE. Consultado 20 sept. 2011. Disponible en http://books.google.hn/books?hl-=es&lr=&id=zCbOT5dA_8C&oi=fnd&pg=PA7&dq=perdida+de+suelo+en+centroamerica&ots=veTxfe3TXg&sig=0KeqfrOaWUAL8EuIvLnWk8IyHyA#v=onepage&q&f=false

Almoza,Y; Medina, H; Schiettecatte, W; Alonso, G; Rúiz, M. 2008. El uso de datos pluviométricos para la determinación del factor erosividad de las precipitaciones en el modelo RUSLE. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias

Morgan, R. (1997). Erosión y Conservación del suelo. Disponible en: http://books.google.cl/books?id=jcFqaFI-u1UC&printsec=frontcover&dq=morgan$

Pizarro, R.; Cuitiño, H. (2006). Método de evaluación de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos en Chile. In Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales (2002, Madrid, España). Actas de la I Reunión del Grupo de trabajo de Hidrología Forestal. Madrid, España.

Castellanos J. Z., Uvalle, J. X., Aguilar A. (2000). Manual de Interpretación de análisis de suelo y aguas. 2ª Edición.

FAO (1997). Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Departamento de Desarrollo Sostenible.

Muñoz, J. J. y J. Z. Castellanos (1988). Disponibilidad del Fósforo de los Estiércoles, solo y combinado con superfosfato triple en un suelo calcáreo.

Buckman, H.; Brady, N. (1982). Naturaleza y propiedades de los suelos.

Michelena, R. (2013). Cómo Controlar la Erosión Hídrica para que no destruya los Suelos. Instituto de Suelos INTA Castelar.

Roose, E. J. L., R.; Feller, C.; Barthès, B.; Stewart, B.A. (2006), Soil Erosion and Carbon Dynamics, CRC Press, Boca Raton, FL.

Rodriguez, A. R., Guerra, A., Arbelo, C., Mora, J. L., Gorrin, S. P. & ARMAS, C. (2004). Forms of eroded soil organic carbon in andosols of the Canary Islands (Spain). Geoderma.

Sanzano, Agustín (2000). El Fósforo del Suelo. Química del Suelo; Cátedra de Edafología.

Clark, C. A., Evans, D. D., White, J.L. , Ensminger, L .E., Clark, F. E., (1995). Methods of Soil Analysis Part 2.

PRODUCCIÓN DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.) CON SUSTRATOS ORGÁNICOS EN CONDICIONES DE INVERNADERO

Méndez Rodríguez, I.[1*]; Fortis Hernández, M.[2]; Preciado Rangel, P.[3]; Segura Castruita M. A.[1]; Orozco Vidal J. A[1]; Sánchez Hernández, D. J.[2]; Chávez Sánchez, E.[3]; Antonio Ordóñez, E.[4]

[1]Instituto Tecnológico de Torreón. Torreón Coahuila. México.
[2]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila. México.
[3]Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Ciencias Químicas. Gómez Palacio, Durango. México.

*Autor responsable: ivan12mendez@hotmail.com; Ejido Lagos de Moreno, municipio de San Pedro de Las Colonias, Coahuila. CP 27947; Tel. +52(872)-113-2846. PROYECTO FINANCIADO DGEST 2013 Clave: 5169.13-P

Resumen

El presente trabajo evalúa la producción de albahaca con mezclas de sustratos orgánicos de origen bovino. Los Tratamientos fueron mezclas utilizando arena como medio inerte, el estiércol bovino solarizado, compost mineralizado y vermicompost, quedando los tratamientos de la siguiente manera: T1= arena + estiércol solarizado (80:20), T2= arena + estiércol solarizado + tierra (80:15:5), T3= arena + vermicompost (80:20), T4= arena + compost mineralizado (80:20), T5= arena + vermicompost + tierra (80:15:5); se compararon con un Tratamiento testigo (T6= arena + piedra pómez (80:20)) con Solución Steiner. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta, producción de biomasa en hoja, índice de área foliar, producción de biomasa total, materia seca total y parámetros químicos de cada tratamiento. Los resultados muestran diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en altura de planta, índice de área foliar, biomasa de hoja, biomasa total y materia seca total. El mayor rendimiento de biomasa total fue en el sustrato de arena + vermicompost (333.83 g) siendo estadísticamente igual al rendimiento obtenido con Solución Steiner (327.5 g). Los sustratos con menor rendimiento de biomasa total fueron el sustrato arena + compost mineralizado obtuvo rendimiento de 227 g, siendo estadísticamente igual al sustrato arena + estiércol solarizado (208.85 g) siendo. Los resultados indican que es factible producir albahaca con las mezclas utilizadas de estiércol solarizado, compost mineralizado y vermicompost, ya que con las combinaciones de sustrato previamente señaladas, resulta atractiva la producción puesto que se produjeron rendimientos aceptables.

Palabras clave: *Ocimum basilicum L.*; estiércol; vermicompost; solarización.

Introducción

En la actualidad el uso intensivo de fertilizantes que se aplican a la mayoría de los cultivos es de origen inorgánico. Particularmente, el uso de fertilizantes nitrogenados conlleva impactos ambientales positivos como aporte de nutrientes a las plantas e incremento de la actividad biológica del suelo. Sin embargo, las relaciones costo/beneficio de la fertilización nitrogenada no contemplan los perjuicios ambientales como la eutrofización de cuerpos superficiales de agua, acidificación o alcalinización del suelo y contaminación de acuíferos. Por otra parte, en ámbitos agropecuarios como es la producción intensiva de leche, los residuos sólidos (estiércol) y líquidos (orina) con frecuencia van a parar a lagunas en anaerobiosis, terrenos baldíos, contaminando el suelo, el aire, el agua, etc., produciendo externalidades al ambiente. Por sus propiedades intrínsecas, los materiales de los residuos desechados a menudo son reutilizados y se pueden considerar como un recurso. De esta manera, frente a la problemática de contaminación que producen los fertilizantes provenientes de síntesis química, una alternativa es la reutilización de residuos sólidos como el estiércol para ser aplicados como enmiendas orgánicas o biofertilizantes a través de procesos de

vermicomposteo ó solarización. Se ha observado que el efecto de vermicompost sobre el crecimiento de cultivos en general produce una mejor calidad de los productos. En tomate, la germinación, el crecimiento y el rendimiento fue mayor cuando se reemplazó una parte de un sustrato comercial por lombricompost (Atiyeh *et al.,* 2001). En pimiento cuando se reemplazó una parte del sustrato comercial por lombricompost el peso de los frutos y el número de frutos fueron mayores. En cultivos hortícolas de bulbo, las plantas que crecen en este sustrato orgánico producen bulbos de mayor tamaño y calidad.

En plantas de albahaca en contraestación las variables de crecimiento se incrementaron significativamente cuando se utilizaron lombricompuestos en comparación con urea (Cabanillas *et al*., 2006). En un contexto de agricultura sustentable, el proceso de producción orgánica de albahaca requiere de investigaciones que determinen los aportes de diferentes sustratos orgánicos derivados del estiércol bovino sobre el rendimiento de plantas de albahaca.

Cabe señalar que la albahaca es una planta aromática considerada como cultivo anual y tamaño medio perteneciente a la familia de las Labiadas. La albahaca crece preferentemente en climas cálidos, ya que no sobrevive a las heladas, cultivándose exclusivamente por semillas que se plantan inicialmente en invernadero desde principios de la primavera hasta finales del verano. Su hábitat ideal son los suelos fértiles, poco compactos y húmedos, con luz solar directa en invierno y algo de sombra en las épocas de más calor, evitando así que amarilleen sus hojas. De la planta se recolectan prioritariamente las hojas antes de que florezcan y alcancen su máximo tamaño, siendo las más tiernas las que ofrecen mayor olor, aunque también se emplean sus raíces para realizar algunos preparados. Si se cortan sus tallos antes de florecer puede convertirse en planta perenne. En este sentido, el objetivo de esta investigación es evaluar los efectos que producen diferentes residuos sólidos orgánicos agropecuarios (estiércol bovino) y un tratamiento químico (Solución de Steiner) en la producción estacional de plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) de hoja ancha.

Materiales y Métodos

El trabajo se realizo en el ciclo agrícola primavera – verano 2013 en invernadero del Instituto Tecnológico de Torreón (ITT). Ubicado en el km. 7.5 de la antigua Carretera Torreón - San Pedro, Municipio de Torreón, Coahuila.

Los factores de estudio fueron cinco mezclas de sustratos orgánicos elaborados a partir de estiércol solarizado, vemicompost, compost mineralizado, piedra pómez y arena. Las mezclas de los sustratos se formularan en base a volumen (v/v), quedando de la siguiente manera: T1 = Arena 80% + estiércol solarizado 20%; T2 = Arena 80% + estiércol solarizado 15% + tierra 5%; T3 = Arena 80% + vermicompost 20%; T4 = Arena 80% + compost mineralizado 20%; T5 = Arena 80% + vermicompost 15% + tierra 5% y T6= Arena 80% + piedra pómez 20% (Testigo: Solución Nutritiva Steiner).

El diseño experimental bajo el que se desarrollo el experimento fue Completamente al Azar; considerando cuatro repeticiones. Los análisis estadísticos de ANOVA y prueba de Separación de Medias se realizaron en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) Versión 9.1, utilizando prueba de Tukey al 5% de significancia ($P \leq 0.05$). Las variables evaluadas fueron: altura de planta, diámetro de tallo, Índice de área foliar, producción de biomasa en hoja y tallo, materia seca en hoja y tallo, biomasa total de planta, materia seca total de planta y parámetros químicos de cada sustrato.

Resultados y Discusión

En el analisis estadistico para la variable altura de planta mostro diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos. El sustrato de arena (80%) + vermicompost (20%) obtuvo la mayor altura de planta con un valor de 43 cm^{-1} en el primer corte realizado a los 30 ddt. El tratamiento con la solución Steiner presento la mayor altura (53.25 cm^{-1}) a los 71 ddt (Figura 1). Cabanillas *et al*. (2006) encontraron mayor altura de planta en albahaca con fertilización orgánica a base de lombricompost de estiércol.

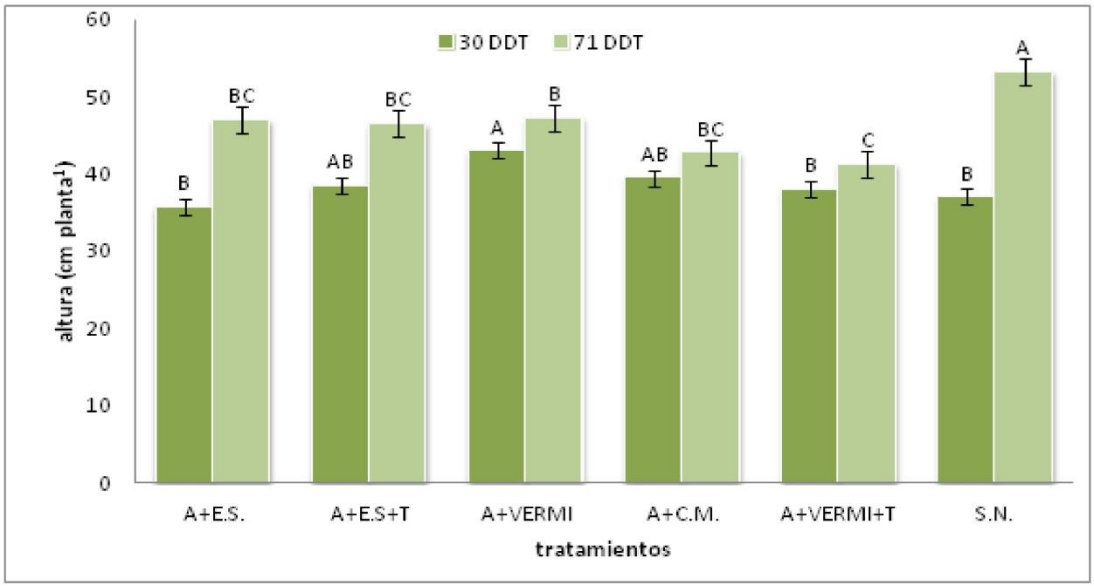


Figura 1. Altura de planta en dos fechas de corte en albahaca con sustratos orgánicos evaluados en invernadero.

El mayor crecimiento de plantas de albahaca, cuando se utilizan lombricompuestos, se explicaría por los atributos beneficiosos de estos sustratos, por la mayor concentración de materia orgánica, nutrientes, fitohormonas (Bityuski *et al*., 1998), además de otras propiedades determinadas por la presencia de la microflora bacteriana, hongos y actinomicetos.

En el analisis estadistico para la variable area foliar mostro diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos; el tratamiento T3 (arena+vermicompost) sobresale con la mayor área foliar con un valor de 2696.3 cm^{-2} en el primer corte realizado a los 30 ddt; el tratamiento T6 (Solución de Steiner) fue el que obtuvo el mayor índe de área foliar con 5104.3 cm^{-2} (Figura 2). Gonzalez *et al*. (2009) encontraron mayor índice de área foliar en plantas de albahaca con relaciones de 20/80 de Nitratos y Amonio (975.6cm²). El incremento en el área foliar promovido por lombricompuestos, es similar a lo informado por Ledesma *et al*. (2007) en lechuga y por Argüello *et al*. (2006) en ajo.

El analisis estadistico para la variable producción de biomasa de hoja mostro diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. El tratamiento T3 (arena+vermicompost) presento el mayor rendimiento de biomasa en hoja en el primer corte obteniendo un valor de 78.92 g. En el segundo corte el tratamiento con solución Steiner obtuvo un rendimiento de 141.5 g.

El tratamiento con sustrato orgánico que menor producción de biomasa presento fue T1 (arena+estiércol solarizado) con 34.72 g en el primer corte y el T4 (arena+compost mineralizado) en el segundo corte (68.25 g) (Figura 3). Los resultados obtenidos en albahaca son semejantes a los observados por Radovich (2000), quien señala rendimientos significativamente más altos con compost en altas dosis (90 t ha^{-1}) que con baja dosis (23 t ha^{-1}).

El analisis estadistico para la variable producción de biomasa total y materia seca total mostro diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. El tratamiento T3 (arena+vermicompost) (333.83 g) y el tratamiento con Solución Steiner (327.5 g) fueron estadisticamente iguales en sus rendimientos en el primer corte.

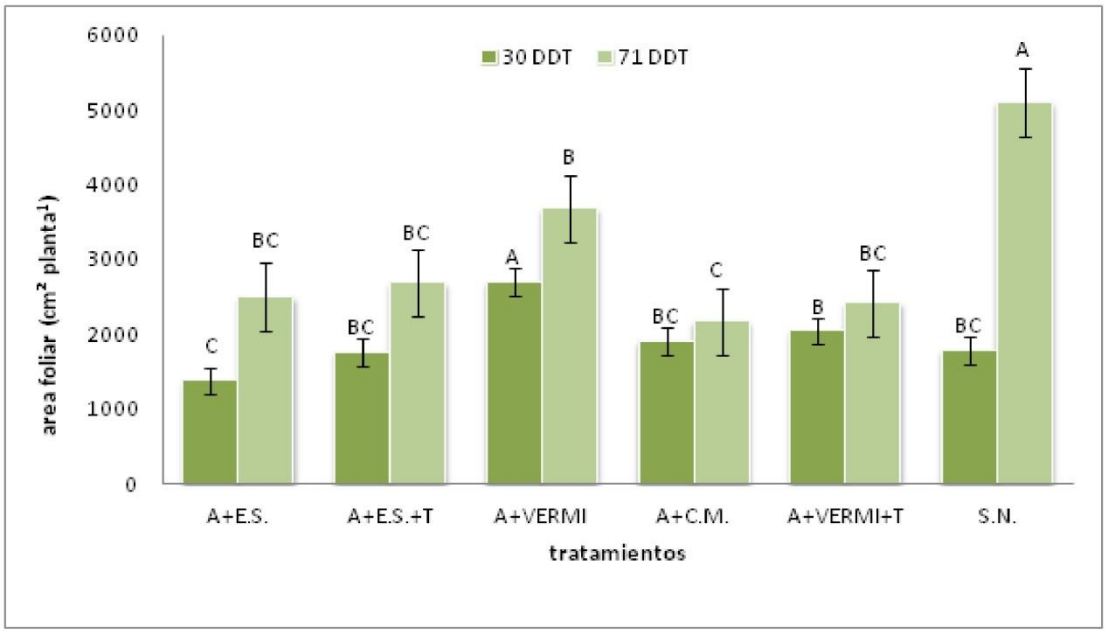


Figura 2. Índice de área foliar en el cultivo de albahaca evaluados con sustratos orgánicos en invernadero.

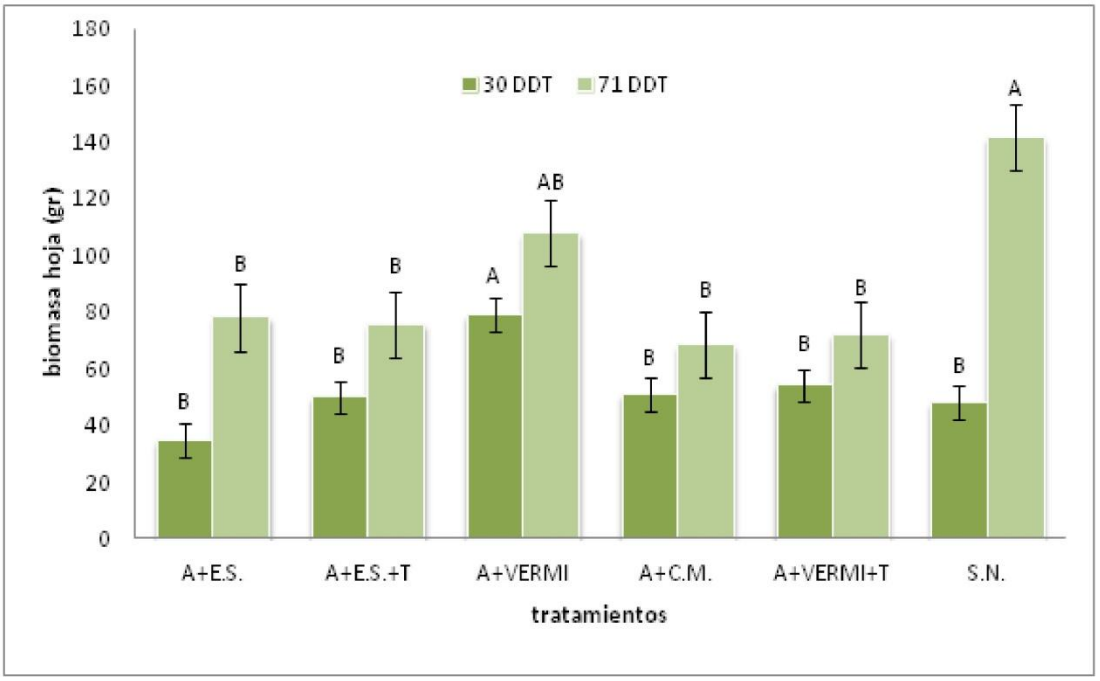


Figura 3. Producción de biomasa (hoja) en dos fechas de corte en el cultivo de albahaca con diferentes sustratos orgánicos y evaluados en invernadero.

Para la variable materia seca el sustrato arena+vermicompost resulto estadisticamente diferente a los demas obteniendo el mayor peso de materia seca (54.22 g). El tratamiento T1 (arena+estiércol solarizado) fue el sustrato que mostro los rendimientos mas bajos con 208.85 g en el primer corte y 34.65 g para el segundo corte (Figura 4).

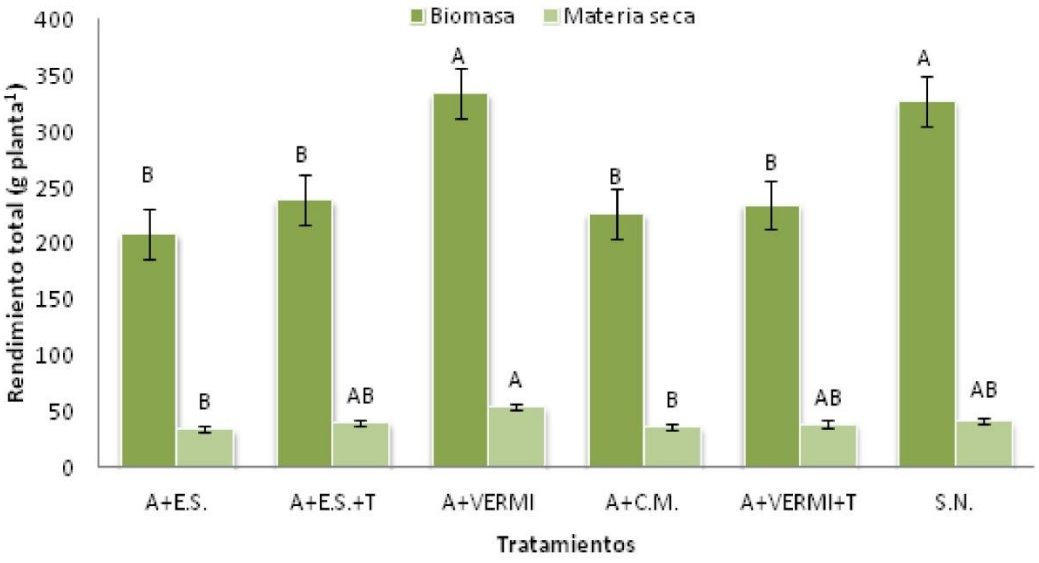


Figura 4. Producción de biomasa y materia seca total en el cultivo de albahaca con diferentes sustratos orgánicos y evaluados en invernadero.

Los resultados de los análisis químicos de cada sustrato impactaron en los rendimientos obtenidos en cada tratamiento. Por ejemplo, en vermicompost y compost mineralizada los valores de pH y CE se encontraron dentro de los rangos permisibles para el buen desarrollo del cultivo de albahaca; en los demás los valores fueron elevados (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis químico de los sustratos evaluados. Torreón, Coah. 2013.

	N	P	K	Fe	Zn	Mn	pH	CE	MO	RAS	PSI
	----------mg kg^{-1} ----------							dS cm^{-1}	%		
Vermi	6.13	38.33	225.9	23.01	1.48	3.75	8.42	0.75	4.83	4.14	4.63
C. M.	7.27	48.53	203.7	0.380	0.66	1.28	8.03	1.52	1.92	2.73	2.69
T.V	4.54	67.63	220.3	7.35	2.04	4.25	8.13	2.20	6.37	3.26	3.43
E.S	6.89	45.89	225.4	13.74	2.08	4.19	8.09	3.01	5.98	4.25	4.77
T.E.S.	8.28	37.90	319.8	8.63	2.10	3.24	8.14	4.27	4.28	4.87	5.59
	---------- mg L^{-1} ----------										
S.S.	168	31	273	2.00	0.90	0.70	5.5	2.0	-	-	-

Vermi = Vermicompost; C.M. = Compost mineralizada; T.V. =Tierra más Vermicompost; E.S. = Estiércol Solarizado; T.E.S. = Tierra más Estiércol Solarizado; S.S. = Solución Steiner.

Las plantas tratadas con una CE 1.5 d Sm^{-1} en solución Steiner obtuvieron el mayor rendimiento en materia fresca aérea comparado con las cultivadas con CE en solución nutritiva de 3.0 y 4.5 d Sm^{-1}, no existiendo diferencia estadística en ambos (Carrazco *et al., 2007*). Estos valores son similares a los obtenidos en estudios de cultivo al aire libre en Chile (FIA, 2003) con rendimientos entre 70 y 107 g $planta^{-1}$. Cruz-Lázaro *et al.,* (2009) encontraron valores de 1.68 dSm^{-1} en sustratos de composta y vermicomposta para producción de tomate.

El incremento de la CE impide un desarrollo normal en los cultivos (Abad y Noguera 2000). Esto significa que el contenido de sales se incrementa a medida que avanza la descomposición de los

materiales, presentándose un incremento en la concentración debido a pérdida de masa de las sales. Sin embargo, las diferencias observadas entre tratamientos se deben principalmente a la composición química de los residuos empleados, además de que falto lixiviar más sales durante el desarrollo fenológico del cultivo; esto coincide con lo encontrado por Pino *et al*., (2005).

Conclusiones

Los resultados demostraron que la producción de albahaca en sustratos orgánicos bajo invernadero y con las mezclas de sustrato previamente señaladas, resulta atractiva, ya que se produjeron rendimientos aceptables. Estos resultados también fortalecen el enfoque de que es posible producir de manera orgánica en la Comarca Lagunera, ya que se promueve el reciclado del principal residuo orgánico generado en la agroindustria pecuaria (estiércol), a través del proceso de vermicomposteo y solarización del estiércol.

Bibliografía

Abad B., M., Noguera M., P. 2000. Los sustratos en los cultivos sin suelo, pp. 137-183. In Manual de cultivo sin suelo. Urrestatarazug G, M. (Ed.). Mundi-Prensa. Madrid, España.

Argüello J, Ledesma A, Núñez S, Rodríguez C & Díaz Goldfarb MC. 2006. Vermicompost effect on bulbing dynamics non-structural carbohydrate content, yield and quality of garlic bulbs (*Allium sativum* L.). 2006. *Hortscience,* 41 (3): 589-592

Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S & Metzger JD. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology,* 78 (1):11-20.

Bityuski, N, Lukina E, Patsevich V, Solov'eva A, Stepanova T & Nadporozhskaya M. 1998. The effect of Works on the transformation of organic substrates and the soil nutrition of plants. *Eurasian Soil Science,* 31 (3): 281-287

Cabanillas C, Ledesma A & Del Longo O. 2006. Biofertilizers (vermicomposting) as sustainable alternative to urea application in the production of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Molecular Medicinal Chemistry,* 11: 28-30.

Carrasco G., Ramirez P., Vogel H. 2007. Efecto de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva sobre el rendimiento y contenido de aceite esencial en albahaca cultivada en NFI[1]. Volumen 25, N[0] 2, páginas 59-62 IDESIA (Chile) Mayo-Agosto 2007.

Cruz-Lazaro E. de la. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. Universidad y Ciencia Trópico Humedo. 25 (1): 59-67.

FIA. 2003. Plantas medicinales y aromáticas evaluadas en Chile; Resultados de Proyectos impulsados por FIA. Gobierno de [Chile], Fundación para la Innovación Agraria, 41-51.

González, G.J.L., M.N.R. Mendoza, P.G. Sánchez, E.A.G. Acuña. 2009. Relación Amonio / Nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía. Agricultura Técnica en México 35.5-11.

Ledesma A, Argüello J, Núñez S, Díaz Goldfarb M & Cabanillas C. 2007. Aprovechamiento de residuos sólidos agrícolas y agroindustriales (lombricompuestos) y su impacto en el crecimiento, rendimiento y calidad en hortícolas de hoja, de bulbo y aromáticas. *Primer Encuentro de Investigadores en Problemáticas Ambientales de la U.N.C.* 26 al 28 de Septiembre 2007. Córdoba, Argentina: 21-22

Pino G.P., Varnero M. M.T., Alvarado V. P 2005. Dinámica del compostaje de residuos vitivinícolas con y sin incorporación de guano Broiler. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal. Universidad Autónoma de Chihuahua 5:19-25.

Radovich TJ. 2000. The response of Basil (*Ocimum basilicum* L.) to Chicken Manure, Compost and Urea applications. M.S. Thesis, University of Hawaii, Manoa. Call nº UH Manoa Hawaiian Collection Q 111. H3 nº 3564: 171 p.

SISTEMA DE PRODUCCION DE MAIZ CON COSTO MINIMO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO B.C.S.

J. Navejas Jiménez[1]; M del C. Lucero Pulido [1]; E. Gutiérres Pérez[1]; E. de la Rosa Aguilar[2]; J. G. Loya Ramirez[3]; E. Troyo Diéguez[4]

[1]Campo Experimental Todos Santos., INIFAP. La Paz. B.C.S. México
[2] Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Constitución (ITSCC). Cd. Constitución, B.C.S. México
[3]Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS). La Paz, B.C.S. México
[4]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR). La Paz, B.C.S. México

*Jesús Navejas Jiménez: navejasjesus@prodigy.net.mx; Calle Agricultura Núm. s/n , Col. Emiliano Zapata, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23070; Tel. +52(612)-122-9018

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la tecnología de costos mínimos considerando la interacción labranza-riego- fertilización y su relación con la conservación del agua en la producción de maíz, para obtener mayores beneficios netos y productividad del agua. En los últimos años, el precio del maíz ha resultado poco atractivo, sin embargo, los costos de producción se han incrementado sustancialmente: Por lo anterior la rentabilidad del cultivo ha ido disminuyendo de manera importante.

Se establecieron parcelas en el sitio experimental valle de Santo Domingo, B.C.S. Con labranza cero y riego de goteo y en forma comercial en el lote 100 de la Col. Nueva California. labranza mínima y riego de gravedad.

Los resultados de la evaluación indican que el maíz con costos mínimos obtuvo respuesta favorable en cuanto al rendimiento con 10% y 20% de incremento con respecto al testigo promedio regional. El costo se redujo en 31%, la relación beneficio costo fue favorable con un incremento de 85% y 112% y con relación directa al margen de utilidad superior a 5000.00 pesos. Asimismo, se lograron ahorros de agua en la lámina aplicada y la productividad en relación a esta última fue favorable para la tecnología de costo mínimo, por lo que fueron resultados que superaron al testigo regional, tanto en la etapa experimental como en la validación con siembra comercial. Lo anterior sugiere la posibilidad de implementar la tecnología de costos mínimos en el cultivo de maíz, aunque se prevé la necesidad de precisar el manejo nutrimental y rotacional.

Palabras clave: Maiz; Rentabilidad, beneficio costo.

Introducción

En México, existe la necesidad de reconvertir los sistemas productivos de regiones que operan con sistemas de irrigación con baja eficiencia, menor al 40 %; además incluyendo aquellos sistemas que presentan problemas de salinidad en los recursos como el agua y el suelo. La oferta de producción promedio anual no satisface la demanda de 23 a 25 millones de t, por lo que se importa el 20% de esta demanda (Navejas y Gutierres, 2008). En el estado de Baja California Sur la agricultura desde hace tiempo es una actividad tradicional con una serie de factores limitantes de la producción. Las áreas de mayor importancia agrícola tienen particularidades tales como; abatimiento constante del acuífero, intrusión salina y altos costos de extracción.

Los suelos se caracterizan por ser de textura media la precipitación media anual es de 200 mm, irregularmente distribuidos a lo largo del año y la temperatura oscila entre los 40°C y los 0°C. Por lo

tanto la mayoría de los cultivos tienen serios problemas para Mostrar todo su potencial de rendimiento en condiciones agroclimáticas prevalecientes.

En el Valle de Santo Domingo B.C.S., en la última década la superficie promedio anual es de 32,690 ha, de las cuales el 54% se destina a la producción de granos como trigo y maíz; el 24% a la producción de industriales como el garbanzo; el 5% a la producción de hortalizas como chile y tomate, el 6% a frutales principalmente la naranja y el 9% de alfalfa y forrajes perennes. La salinidad afecta la producción agrícola y la reduce el rendimiento entre el 10% y 25% o más en algunos casos (Navejas *et al*., 2006). Para enfrentar la problemática socioeconómica actual, la agricultura debe ser productiva, económica y no contaminante; es necesario entonces, fijar objetivos de rendimiento acordes con la aptitud del suelo y en consecuencia conocer su potencialidad.

La aptitud indica que una tierra presenta un conjunto de cualidades y defectos que la hacen más o menos propicia para un determinado uso. Por otro lado, la potencialidad agrícola es la evolución de los niveles de producción y su frecuencia de obtención bajo un manejo tecnológico no limitante para un cultivo y tipo de suelo dado en función de la variabilidad geográfica e interanual del clima.

En los últimos años, el precio del maíz ha resultado poco atractivo. Además, los costos de producción se han incrementado sustancialmente, por lo anterior, ha ido disminuyendo la rentabilidad del cultivo y con ello el margen de utilidad que el productor percibe. Ante lo anterior, una de las alternativas es encontrar la combinación ideal de prácticas que permitan mejorar la eficiencia de producción, es decir, producir el máximo rendimiento al menor costo posible por unidad de superficie, sin ignorar el impacto a al medio ambiente.

El maíz está ubicado dentro de los primeros diez cultivos de mayor interés En Baja California Sur, por el valor de la producción y la superficie establecida (FPBCS, 2012). En la década anterior se establecieron en promedio cerca de 4,000 ha de maíz, con un promedio en rendimiento de grano de 6.2 t ha^{-1}. Para el año 2011 la superficie sembrada fue de 4,260 has de las cuales 1,440 fueron cosechadas y se obtuvieron 8,233 tonelada con un rendimiento promedio de 5.7 t/h (Sagarpa, 2011). Para irrigar esta superficie fue necesario aplicar el 42% del volumen anual de agua extraída del acuífero subterráneo mediante el bombeo. Por lo anterior, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar la tecnología de costos mínimos en la producción de granos básicos para obtener mayores beneficios netos y productividad del agua.

Materiales y Métodos

Se establecieron 2 parcelas en el sitio experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S. La primera parcela está ubicada geográficamente en las coordenadas 24° 30’ latitud norte y 111º 41’ longitud oeste. La segunda parcela es de forma comercial en el lote 100 de la Col. Nueva California, con ubicación geográfica en las coordenadas 25º 06’ Latitud norte y 111º 50’ longitud oeste.

La preparación del terreno en la primera parcela fue cero, mientras que en el lote cooperante se realizó un rastreo sencillo para tener condiciones apropiadas para la cama de siembra. La fecha de establecimiento de la primera parcela fue el 28 de Marzo de 2008, la segunda parcela fue establecida el 22 de febrero 2007. Se utilizó el híbrido P30M16 y se comparó en validación con el hibrido P30G54. Se hicieron camas de 1.6 m de ancho, y se sembró a doble hilera con separación de 40 cm en el centro entre hileras. Se usaron 25 kg ha^{-1} de semilla, y se depositaron de 6 a 7 semillas por metro lineal de hilera, equivalente aproximado a 80 mil plantas/ha. La fertilización se efectuó con 160 kg ha^{-1} de nitrógeno y 80 kg ha^{-1} de fósforo y 40 kg ha^{-1} de potasio, aplicándose después de la germinación. El fósforo en las primeras etapas del cultivo en desarrollo, y el nitrógeno (N) fraccionado hasta la etapa de floración y potasio en la etapa de floración.

Para el combate de maleza, se realizaron dos deshierbes manuales. Asimismo, se aplicó en una ocasión insecticida parathión metílico en dosis de 1.0 lt ha^{-1} para el control del complejo cogollero, trips y chicharrita. En el campo experimental se realizaron 25 riegos frecuentes mediante cinta de goteo 8.0 mil, cuyo gasto fue de 4.0 lhm, con una lámina total de solo 34.0 cm.

En la segunda parcela se realizó riego superficial, se realizó dos cultivos y La apertura de surco para riego, asegurando el levantado del surco para una eficiente conducción del agua de riego, con cuatro riegos de auxilio y una lámina total de 58.0 cm.

Cuadro 1. Rendimiento y beneficio costo con la tecnología de costos mínimos en maíz.

Tratamiento	Rendimiento t ha^{-1}	Beneficio pesos	Costo pesos	Beneficio Costo B C
Costos mínimos	6.794	10,741	7,269	1.48
Testigo Distrito	6.200	9,802	12,268	0.80
Desviación %	10	10	-31	85

Cuadro 2. Productividad con tecnología de costos mínimos en maíz.

Tratamiento	Utilidad $ ha^{-1}	Lámina de agua m³	Productividad $ m³	Eficiencia Kg m³
Costos mínimos	3,472	3,400	1.02	1.998
Testigo Distrito	-2,466	6,700	- 0.37	0.690
Desviación %		-49		189

Cuadro 3. Productividad con tecnología de costos mínimos en maíz con productores.

Tratamiento	Rendimiento t ha^{-1}	Beneficio-costo *B C*	Productividad. $ m³	Kg m³
Costos mínimos	7.842	1.70	0.95	1.452
Testigo Distrito	6.200	0.80	- 0.37	0.690
Desviación %	20	112		110

Resultados y Discusión

Los resultados de la evaluación indican que el maíz con costos mínimos obtuvo respuesta favorable entre 10% y 20% superior con respecto al testigo promedio regional. El costo se redujo en 31%, la relación beneficio costo fue favorable con un incremento de 85% y 112% con relación directa al margen de utilidad superior a 5,000.00 pesos. Se lograron ahorros de agua en la lámina aplicada y la productividad en relación a esta última fue favorable para la tecnología de costo mínimo, por lo que fueron resultados que superaron al testigo regional (Cuadro 1). El crecimiento económico y poblacional, así como, la globalización del comercio, pone en evidencia la capacidad limitada de carga de los agroecosistemas. La salud de los ecosistemas está vinculada a los intereses sociales. Pero si los recursos naturales no se aprovechan racionalmente, no habrá un desarrollo económico sustentable.

La validación en la segunda parcela con la tecnología de costos mínimos resultaron con rendimientos de maíz de 7.8 t ha^{-1} para el hibrido P30G54 (Cuadro 2). Lo anterior sugiere el implemento de la tecnología de costos mínimos en el cultivo, Por lo que en el primer año la preparación del terreno debe ser completa para facilitar la buena distribución del agua y la semilla (INIFAP, 2010). Se prevé la necesidad de precisar el manejo nutrimental y rotacional. Desde el punto de vista económico no es redituable usar más de 250 kg ha^{-1} de N y no menos de 67 000 plantas ha^{-1} (Amado y Ortíz, 1998).

El maíz requiere de 20 a 25 kg ha^{-1} de N por cada tonelada de grano producida. Por ello, para producir por ejemplo 10 t ha^{-1} de grano, el cultivo debería disponer de alrededor de 200 a 250 kg de N ha^{-1} para ser absorbidos por el cultivo. Esta cantidad sería la demanda de N para este nivel de rendimiento. La disponibilidad en el terreno (N en el suelo + N del fertilizante) debería satisfacer esa necesidad para mantener el sistema en equilibrio nutricional. Esta aproximación es lo que se conoce como criterio o modelo de balance. Sin embargo, las diferencias entre las cantidades de N en el suelo y las absorbidas por el cultivo son determinadas por las llamadas eficiencias de absorción, que varían según se considere al N presente en el suelo a la siembra, al N mineralizado durante el cultivo y al N aportado como fertilizante (Melgar y Torres, 2006).

Los índices de productividad económica y de uso del agua fueron altos, por lo tanto, es recomendable validar *in situ* esta tecnología en lotes de más productores. El laboreo escaso o nulo y la aplicación de materia orgánica al suelo favorecen su estructura, haciéndolo más resistente a la erosión eólica y permitiendo a los cultivos un acceso mejor a una humedad a menudo escasa.

Sin embargo, las presiones económicas inducen a los agricultores a producir un cultivo particular de la manera más rentable posible, llevándolos a ignorar las prácticas sostenibles (FAO, 2002). Se debe considerar que acorde a la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, en consulta con las organizaciones campesinas y de productores, el gobierno elaboró la planeación estratégica del sector con visión de largo plazo al año 2020. El Acuerdo Nacional incluye entre otras cuestiones, metas de crecimiento y producción, estrategias de productividad, aplicación de paquetes tecnológicos y de fertirrigación; niveles de rentabilidad, recuperación de suelos y protección de recursos naturales (Acuerdo Nacional para el campo, 2004). El rendimiento y costo beneficio de las parcelas en el sitio experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S. indican que la tecnología de costos mínimos en maíz mejora los índices promedio regionales. Se obtuvieron 6.8 t ha^{-1} superando en 10% el rendimiento medio regional.

Se considera la posibilidad de un ahorro de 31% sobre los costos de producción lo que permite confiar en mejorar el índice económico en un 80%, significando un mayor beneficio para el productor (Cuadro 1). Con la aplicación de la tecnología de costos mínimos se logra una productividad positiva por el uso del agua como insumo 1.02 \$ m^3 con la confianza de superar en 189% el índice de transformación a nivel regional, lo cual permite que se alcance a producir 1.998 kg m^3 de agua (Cuadro 2).

En las parcelas de los productores cooperantes se han obtenido índices superiores al testigo promedio regional, se han logrado desviaciones de 189% y hasta tres veces el índice beneficio costo (*BC)* (Cuadro 3). En la validación de esta tecnología se prevé la necesidad de cierto manejo nutrimental y rotacional del maíz.

Conclusiones

La tecnología de costo mínimo incrementó entre 10 % y 20% el rendimiento de maíz.

La reducción del costo fue mayor (30%) que la referencia (16%) en otras regiones.

La productividad se mejoró en 85 % y 112 % en el índice de B/C y 189 % en el índice económico \$/m3 en relación al agua utilizada.

Los índices mostrados a nivel comercial fueron superiores a los obtenidos a nivel experimental.

Bibliografía

Acuerdo nacional para el campo. 2003. Por el desarrollo de la sociedad rural y la soberanía alimentaria. México, D.F. 48p.

Amado-Álvarez J. P. y Ortiz-Franco P, 1998. Respuesta del maíz de riego a humedad del suelo, nitrógeno y densidad de población en Cuauhtémoc, Chihuahua, TERRA VOLUMEN 16 NUMERO 3, PP. 239-245.

Caamaño, A. y R. Melgar, 1998. Fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre en maíz de alta productividad. Est. Exp. Ag.Pergaminito Rev. Tecnología Agropecuaria V II Nº 5 PP 11-14.

FAO. 2002. Seguridad alimentaria y medio ambiente. Cumbre mundial sobre desarrollo sostenible. 2p.

FPBCS. 2012. Agenda de innovación Tecnológica para el Estado de Baja California Sur. Fundación produce B.C.S.

INIFAP. 2010. Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B.C.S. PP. 89-97.

Navejas-Jiménez J. y Gutiérres-Pérez Erasmo, 2008. Tecnología para producir Maíz con costos mínimos en B.C.S. Folleto para productores No 16. INIFAP, Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, B.C.S. 16p.

Navejas J., E. Troyo, J. L. García., B. Murillo., E. O. Rueda., N. I. Avila., A. Nieto, y L. Fenech. 2006. Estrategias de producción sostenible para los agroecosistemas en las regiones áridas de Baja California Sur. Memoria IX CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIAS AGRÍCOLAS. Mexicali, B.C. México. P.4.

SAGARPA. 2012. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. www.siap.gob.mx.

DESARROLLO Y RENDIMIENTO DE CHILE DE TIERRA (*Capsicum annum* L.) INTRODUCIDO A LA COMARCA LAGUNERA EN TRES SUSTRATOS ORGÁNICOS BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Ríos-Plaza, J.L.1; García-Hernández, J.L.1*; Beltrán-Morales, A.2; Murillo-Amador, B.3; Troyo-Diéguez, E. 3; Estrada-Loera, R.M. 1; Ibarra-García, A.1

[1]Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Maestría en Agricultura Orgánica. Gómez Palacio, Durango. México.
[2] Universidad Autónoma de Baja California Sur.
[3] Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

*Autor responsable: josel.garciahernandez@yahoo.com

Resumen

Con el objetivo de determinar el mejor sustrato orgánico para la producción de un cultivar de chile tipo de la tierra en invernadero, se realizó un experimento durante el ciclo primavera-verano del 2012 en el campo experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Los tratamientos a evaluar fueron estiércol solarizado al 20%, vermicompost al 20%, gallinaza solarizada al 5% y un testigo a base de perlita al 20% y con nutrición a base de una solución preparada con elementos mayores y menores necesarios para el correcto desarrollo de las plantas, todos estos mezclados con arena previamente esterilizada que complementa el 100% de cada sustrato. Las variables evaluadas fueron altura de planta (cm), diámetro de tallo (cm), número de hojas, número de frutos y el rendimiento en base a peso fresco de los frutos (gr), por planta. El número de frutos y el rendimiento fueron tomados en cada cosecha. El resto de las variables fueron evaluadas una vez por semana. Los resultados mostraron que el vermicompost tiene un potencial de uso positivo en diferentes aspectos: 1) se aprovecha el estiércol como abono orgánico; 2) disminuye la cantidad del estiércol de la actividad lechera como contaminante, y ello es primordial en la Comarca Lagunera dada la cantidad de estiércol que se genera; 3) es eficiente como fuente de nutrientes asimilables para los cultivos, ya que presentó el mayor rendimiento en comparación con otros abonos orgánicos como el estiércol solarizado y la gallinaza además de los fertilizantes sintéticos utilizados para nutrir los cultivos en invernadero.

Palabras clave: Vermicompost; *Capsicum annuum* L.; agricultura orgánica

Introducción

El chile (*Capsicum spp*.) pertenece a la familia solanácea, tiene su centro de origen en Mesoamérica y su centro de diversidad y domesticación en México. Dentro del género *Capsicum* destacan las especies *C. annuum* L., *C. frutescens* L., *C. pubescens* Ruíz & Pav., *C. chínense* Jacq. y *C.baccatum* L.*;* de éstas, la primera es más ampliamente conocida y de mayor importancia por su amplia distribución mundial (Pickersgill, 1997; Moreno-Pérez et al, 2011).

Según la revista FOOD & WINE, el chile de la tierra es llamado también Chile Verde del Norte, Chile California o Chile Anaheim. Este último nombre proveniente de la ciudad Californiana donde fue cultivado en gran cantidad por mucho tiempo. Los frutos pueden consumirse tanto en fresco como en seco. Los frutos miden de 10 a 20 cm de largo por 5 cm de ancho. Así mismo menciona que en la escala de Schovile (grado de picor) se coloca entre las 500 – 2000 unidades, es decir, tiene un bajo grado de picor, siendo su sabor un poco dulce y terroso.

La agricultura orgánica representa un valor agregado a los productos que se obtienen, sus precios son mayores que los de la agricultura convencional, por lo que esta práctica se hace más atractiva para el productor. Un buen ejemplo de esto es la venta en fresco del chile orgánico cuyo precio por kilogramo varía de

3,6 a 8,69 dólares a diferencia del chile producido de forma convencional cuyo precio va de 1 a 2 dólares el kilogramo (Nieto-Garibay et al, 2002). El vermicompost contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico, tiene alto contenido de ácidos húmicos, aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, la cual facilita la aireación y drenaje del suelo, además de contener una elevada carga enzimática y bacteriana que incrementa la solubilidad de los elementos nutritivos, liberándolos en forma paulatina, y facilita su asimilación por las raíces e impide que éstos sean lixiviados con el agua de riego manteniéndolos disponibles por más tiempo en el suelo, favorece la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas, incrementa la actividad biótica del suelo y su acción antibiótica aumenta la resistencia de las plantas en contra de plagas, enfermedades y organismos patógenos (Romero-Romano et al, 2012).

La explotación intensiva de ganado lechero en la Comarca Lagunera, México genera una producción anual de estiércol bovino cercana a 900 mil toneladas (Figueroa, 2003; Rodríguez et al, 2008). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar vermicompost, estiércol bovino solarizado y gallinaza solarizada aplicados en un cultivar de chile tipo de la Tierra, para determinar el mejor sustrato para el cultivo en condiciones de invernadero.

Materiales y Métodos

Localización del experimento

El experimento se llevó a cabo en el ciclo Primavera-Verano del 2012, en el invernadero experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, localizada en el Km 30 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. Se ubica geográficamente en el paralelo 25°46´ 58´´ de latitud Norte y el meridiano 103° 20´ 56´´ de longitud Oeste y a una altura de 1,110 metros sobre el nivel del mar. La región tiene un clima seco desértico o estepario cálido con lluvias en verano e invierno frío. El promedio de precipitación pluvial es de 258 mm anuales. La temperatura media anual es de 21 °C y la evaporación anual de 2000 mM. El lapso comprendido de mayo a agosto (con una temperatura media de 35 °C) es el más caluroso del año, y los meses de diciembre y enero (con una temperatura media de 12 °C) los más fríos. (López et al. 2010).

Germinación.

La semilla fue sembrada en charolas germinadoras de poliestireno con 200 cavidades. Como sustrato se utilizó una mezcla de turba vegetal (*peat moss)* con perlita, en proporción de 1:1 (v:v). Manualmente se colocó una semilla en cada cavidad a una profundidad de 0.5 cm. Después de la emergencia las plántulas fueron regadas con agua potable en los primeros siete días y posteriormente con una solución nutritiva que contenía los siguientes elementos (en $mg \cdot L^{-1}$): N = 100, P= 30, K = 150, Ca = 125, Mg = 30, S = 110, Fe = 1.5, B = 0.5, Mn = 0.5, Cu = 0.05 y Zn = 0.05. Ésta solución se mantuvo con una conductividad eléctrica menor a 2.5 dS/m y un pH entre 6 a 6.5.

Solarización de estiércol bovino y gallinaza.

La solarización de estiércol bovino y gallinaza se realizó en pilas de aproximadamente 1 Mg de estiércol cada una. Las pilas se solarizaron por 90 días (junio-agosto del 2011). El plástico utilizado fue de polietileno transparente de 30 micras de espesor. Las pilas quedaron completamente selladas de los bordes, cuidando que el plástico quedara en contacto con la pila de estiércol para evitar pérdidas de temperatura y humedad (Vázquez-Vázquez, et al. 2011).

Compostaje y vermicompostaje del estiércol previamente solarizado.

Para una rápida descomposición del estiércol bovino previamente solarizado, se utilizó la técnica de compostaje que propone la SAGARPA, el cual dio inicio el día 3 de septiembre del 2011 y concluyó el día 3 de octubre del 2011. Posteriormente se comenzó con el proceso de vermicompostaje, se utilizaron lombrices Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante un periodo de 4 meses que finalizó el día martes 3 de enero del 2012, fecha en la cual se comenzó con la separación de la lombriz del vermicompost terminado.

Preparación de los sustratos

Para la preparación de los sustratos previamente se esterilizó arena de río en tanques de 200 L. con agua y ácido sulfúrico para eliminar cualquier patógeno que pudieran encontrarse en la arena. Los sustratos quedaron conformados de la siguiente manera: E= Estiércol solarizado (20%) - Arena (80%), G= Gallinaza solarizada (5%) – Arena (95%), V= Vermicompost (20%) – Arena (80%), Test= Perlita (20%) – Arena (80%).

Trasplante.

El trasplante se realizó 50 días después de la siembra (dds).

El invernadero en que se estableció fue de cubierta de plástico sin control climático. La temperatura máxima osciló de 24 a 39ºC, la mínima de 8 a 15ºC y la humedad relativa varió de 40 a 80 %. Como macetas se utilizaron bolsas de polietileno negro calibre 500 tipo vivero de 20 L. En el invernadero las macetas se colocaron en doble hilera de forma paralela a una distancia de 30 cm entre plantas, con 4 repeticiones por tratamiento. Previo al trasplante se regaron las macetas con 1 L. de agua (con pH 7.57 y clasificada como C3S1 (Moreno et al. 2008)).

Riego.

Las plantas que se encontraban en los 3 sustratos orgánicos fueron regados con 600 mL de agua cada tercer día hasta que la planta entro en floración, momento en el cual se aumentó a 1 L de agua al día, dividido en dos periodos de 500 mL por la mañana y 500 mL entre las 15:00 y las 17:00 H debido a las altas temperaturas registradas en la comarca lagunera en el año 2012, así como a las necesidades de agua de la planta por la floración y fructificación. Por su parte el testigo fue regado con solución nutritiva Steiner (Favela-Chávez et al, 2006), igualmente al inicio con solo 600 mL y al entrar en floración con 1 L dividido en dos periodos de 500 mL cada uno.

Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones; la unidad experimental estuvo constituida por cuatro plantas. El factor evaluado fue el sustrato: Estiércol solarizado (E), Gallinaza (G), Vermicompost (V) y Testigo (Test).

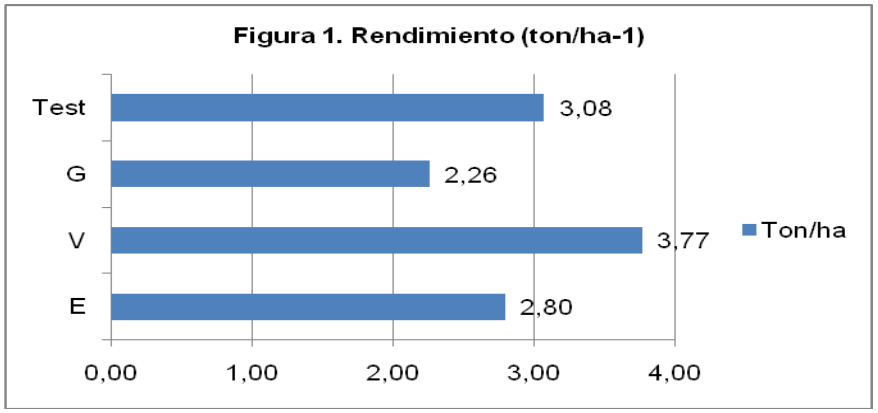
Variables a evaluar.

Desde la primera semana posterior al trasplante y por un periodo de 8 semanas, se midió la altura de planta (A), diámetro del tallo (DT), numero de hojas (NH), el largo (LH) y el ancho de hojas (AH). Al momento de la cosecha se tomaron las variables de número de frutos (NF) y peso fresco (PF) de los frutos.

Resultados y Discusión

Rendimiento.

Se realizaron cuatro cosechas programadas a partir de la primera fecha de corte, en la Tabla 1 se muestra que hubo diferencias muy significativas en la producción de acuerdo al sustrato, ya que la mezcla de vermicompost con arena obtuvo rendimientos superiores que los otros.



Altura de planta y diámetro del tallo.

En la Tabla 1 se muestra que las plantas desarrolladas en el sustrato con vermicompost y arena tuvieron un crecimiento altamente significativo, ya que a comparación del testigo tuvo 12.6 cm más de altura y además en la Tabla 2 se muestra que el tallo tuvo un mejor engrosamiento con el sustrato de vermicompost y arena, ya que el testigo solo pudo desarrollar un 75% del diámetro que desarrollo la planta con vermicompost como sustrato.

TABLA 1. Altura de planta (cm)

Tratamiento	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	Medición 6	Medición 7	Medición 8
E	8.95	13.15	17.90	30.35	42.48	59.18	71.40	86.28
V	17.60	36.10	47.60	73.03	86.73	95.80	102.15	105.13
G	14.85	26.98	33.60	40.53	48.18	54.80	64.03	71.71
Test	16.78	32.05	45.68	64.28	72.25	79.33	85.24	92.40

E: Estiércol Solarizado; V: Vermicompost; G: Gallinaza Solarizada; Test: Testigo

TABLA 2. Diámetro del tallo (cm).

Tratamiento	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	Medición 6	Medición 7	Medición 8
E	0.19	0.20	0.21	0.23	0.26	0.31	0.39	0.50
V	0.27	0.38	0.55	0.59	0.66	0.69	0.73	0.74
G	0.19	0.22	0.30	0.34	0.38	0.42	0.47	0.51
Test	0.23	0.32	0.36	0.40	0.44	0.49	0.53	0.56

E: Estiércol Solarizado; V: Vermicompost; G: Gallinaza Solarizada; Test: Testigo

Número de Hojas

En la Tabla 3 se puede observar el número de hojas promedio por planta en cada tratamiento, esto demuestra que la disponibilidad de los nutrientes del vermicompost, hace que las plantas se desarrollen de una mejor manera, logrando así una mayor área foliar que se ve reflejada en el desarrollo y producción de cada planta.

TABLA 3. Numero de hojas promedio por planta.

Tratamiento	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Medición 5	Medición 6	Medición 7	Medición 8
E	7.00	7.75	9.50	10.25	13.75	22.00	35.50	43.50
V	12.25	28.25	56.50	67.75	78.75	87.25	89.25	93.00
G	7.50	15.50	19.00	20.75	25.75	30.75	40.75	50.00
Test	11.75	19.25	30.00	39.50	47.75	59.75	67.75	69.25

E: Estiércol Solarizado; V: Vermicompost; G: Gallinaza Solarizada; Test: Testigo

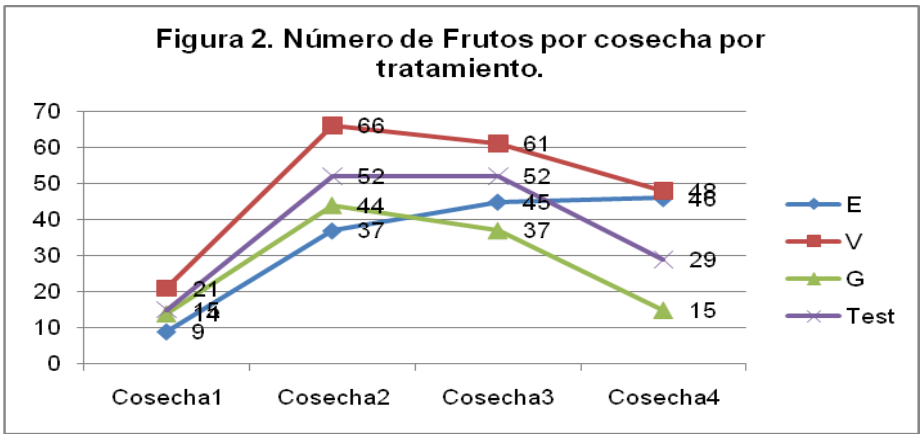
Cantidad de Fruto

En la tabla 4 se muestra el número de frutos por cosecha en cada tratamiento, así como el total de frutos al final de las 4 cosechas realizadas. Se puede observar que el tratamiento con vermicompost siempre demostró ser el más productivo, sin embargo como se observa en la Figura 2, el tratamiento con Estiércol Solarizado mostro buenos avances al paso del tiempo, es decir, la asimilación de nutrientes por parte de la planta para producir fruto, se acentuó al final del estudio.

Tabla 4. Número de frutos por cosecha por tratamiento

Tratamiento	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Total
E	9	37	45	46	137
V	21	66	61	48	196
G	14	44	37	15	110
Test	15	52	52	29	148

E: Estiércol Solarizado; V: Vermicompost; G: Gallinaza Solarizada, Test: Testigo



Conclusiones

El vermicompost a base de estiércol previamente solarizado, proveniente de establos lecheros de la comarca lagunera es una opción viable para su implementación como sustrato de invernadero; las plantas mostraron un rápido desarrollo, además de una producción competitiva; aunque el estiércol solarizado finalizó el experimento con resultados positivos y viables, demostró que su asimilación por la planta es más lenta, como se puede apreciar en las Figuras 1 y 2, por lo que trabajar con este abono orgánico en un siguiente ciclo, pudiera arrojar resultados muy alentadores. De esta manera podemos concluir que la comarca lagunera es un lugar que no ha explotado los recursos con los que cuenta para tener un auge en Agricultura Orgánica, ya que al ser el productor número 1 en estiércol bovino, pudiera ser este transformado en un abono orgánico de calidad.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de los estudios de Maestría en Ciencias con CVU: 444863. A mis compañeros tesistas, que con el esfuerzo en conjunto hemos logrado avances significativos en el proyecto. A los Investigadores participantes por su dedicación y entrega.

Bibliografía

LOPEZ MARTINEZ, JD et al. Sistemas de labranza y fertilización en la producción de maíz forrajero. *Phyton (B. Aires)*. 2010, vol.79, n.1, pp. 47-54.

MORENO-PÉREZ, E.C.; AVENDAÑO-ARRAZATE, C.H.; MORA-AGUILAR, R. CADENA-IÑIGUEZ, J.; AGUILAR-RINCON, V.H.; AGUIRRE-MEDINA, J.F. 2011. Diversidad morfológica en colectas de chile guajillo (capsicum annum L.) del centro-norte de México. Revista Chapingo. Serie Horticultura 17: (pp. 24)

MORENO RESÉNDEZ, Alejandro; GÓMEZ FUENTES, Leocadio; CANO RÍOS, Pedro; MARTÍNEZ CUETO, Víctor; REYES CARRILLO, José Luis; PUENTE MANRÍQUEZ, José Luis y RODRÍGUEZ DIMAS, Norma. GENOTIPOS DE TOMATE EN MEZCLAS DE VERMICOMPOST: ARENA EN INVERNADERO. Terra Latinoamericana 2008, vol. 26

NIETO-GARIBAY, Alejandra, Murillo, Amador, Bernardo, Troyo, Diéguez, Enrique, Larrinaga, Mayoral, Juan Ángel, García, Hernández, José Luis. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del Chile (Capsicum annuum L.) en zonas áridas Interciencia 2002, 27 (agosto).

RODRIGUEZ DIMAS, Norma, Cano Ríos, Pedro, Figueroa Viramontes, Uriel, Palomo Gil, Arturo, Favela Chávez, Esteban, Álvarez Reyna, Vicente de Paul, Márquez Hernández, Cándido, Moreno Reséndez, Alejandro. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato Revista Fitotecnia Mexicana 2008, pp. 31.

ROMERO-ROMANO, Carlos Osvaldo, Ocampo-Mendoza, Juventino, Sandoval-Castro, Engelberto, Tobar-Reyes, J. Refugio. FERTILIZACIÓN ORGÁNICA - MINERAL Y ORGÁNICA EN EL CULTIVO DE FRESA (Fragaria x ananasa Duch.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADEROR a Ximhai 2012, 8 (Septiembre-Diciembre)

SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2010. Manual para la elaboración de composta. Departamento de Suelos, UACh. Chapingo, Estado de México.

VÁZQUEZ-VÁZQUEZ, C; García-Hernández, JL, Salazar-Sosa, E, López-Martínez, JD, Valdez-Cepeda, RD, Orona-Castillo, I, Gallegos-Robles, MA, Preciado-Rangel, P (2011). Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción (Capsicum annuum L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura.* XVII, 69-74.

NOPAL FORRAJERO ABONADO CON ESTIÉRCOL SOLARIZADO

Trejo Escareño, H. I.[1*]; Salazar Sosa, E.[1]; López Martínez, J. D.[1]; Salazar Meléndez, E.[2]

[1]Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Durango. México.
[2]Universidad Juárez del Estado de Durango. Venecia, Durango. México. (Estudiante de Doctorado)

*Autor responsable: idilio72@yahoo.com.mx; Calle Hoguera Núm. 108, Col. Residencial Senderos, Torreón, Coahuila. México. CP 27018; Tel. +52(871)-262-7246

Resumen

En este trabajo se estudiaron tres dosis de estiércol solarizado (20, 40, 60 t ha^{-1}) más un testigo absoluto (cero aplicación) y un testigo químico (100-100-00) en cuatro densidades de plantación de nopal (4435, 8871, 8887 y 13 323 plantas ha^{-1}) en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED en los años 2009, 2010, 2011 y 2012, para determinar cuál es la mejor dosis de estiércol solarizado y densidad de plantación de nopal, en un suelo aridosol arcilloso. Los resultados muestran las mayores producciones en el tratamiento de 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado con 29, 66 y 43 t ha^{-1} para 2009, 2010 y 2011; la densidad de 13 323 plantas ha^{-1} produce más, con 35.6, 77 y 57.9 t ha^{-1} para cada año de estudio. La materia orgánica del suelo al final del experimento se incrementó con respecto al inicio con valores de 2 a 2.29% en los tratamientos de estiércol siendo los de 40 y 60 t ha^{-1} los más altos con 2.29%. La conductividad eléctrica se mantuvo entre 1.5 y 1.7 dS m^{-1} en los tratamientos de estiércol, los testigos se quedaron en 1.3 dS m^{-1}. El contenido de nitratos al final del experimento, terminó en 7.1 mg kg^{-1} en el tratamiento más alto que fue el de 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado.

Palabras clave: Nopal; forraje; estiércol

Introducción

En zonas secas los pastizales utilizados por cabras y ovejas se caracterizan por cambios de estación en la producción de forraje, y marcadas fluctuaciones anuales y de estación en la calidad del forraje (Azocar, 2003). Opuntia ficus-indica es, entre las cactáceas, la de mayor importancia agronómica, tanto por sus sabrosos frutos como por sus tallos que sirven de forraje o pueden ser consumidos como verdura (Kiesling, 1995; Moßhammer, 2006). Su uso se incrementó a principios del siglo XVII con la introducción del ganado a las áreas semiáridas y la subsiguiente disminución de pastizales. La situación obligó a los ganaderos a cortar los cladodios de Opuntia y, después de quemar las espinas, usarlo para alimentar al ganado, especialmente durante las sequías (Anaya, 2003). Los índices de reproducción y los niveles de producción de vacas, ovejas y de cabras son superiores cuando los rancheros complementan la dieta normal del ganado con el nopal durante la estación seca (Flores, 1997). La producción de forrajes tiene ventajas con el uso de nopal en la región de la Comarca Lagunera de Durango, México, debido a que es una planta originaria de México (Moßhammer *et al.,* 2006) y otra más importante que esta aclimatada a la región debido a que nace, crece y se produce en climas áridos y semiáridos como en el que vivimos, además de que se considera como una alternativa buena y económica para su utilización en dietas de ganado caprino, ovino y bovino para épocas criticas de escasa o nula precipitación (Cordeiro, 2003; Felker, 2003). El uso de estiércol solarizado como fertilizante, minimiza los costos a los productores agrícolas y permite remediar problemas de fertilidad del suelo, mejorando su capacidad de retención de agua, lo que favorece el desarrollo de las plantas y la obtención de una mayor capacidad productiva, entre otros beneficios. El objetivo de este trabajo fue determinar la mejor dosis de estiércol bovino solarizado y la mejor densidad de plantación, para una producción sustentable.

Materiales y Métodos

La Región Lagunera se localiza en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos. Se encuentra ubicada en los meridianos 102°22‘ y 104°47‘ longitud Oeste, y los paralelos 24°22‘ y 26°23‘ latitud Norte. Según la clasificación de Koeppen modificado por García (1981), el clima es seco desértico o estepario cálido con lluvias en verano e inviernos frescos. La temperatura media anual en la Comarca Lagunera es de 21°C, con una evaporación media anual de aproximadamente 2,396 mm. La precipitación pluvial es de 258 mm y la altitud de aproximadamente 1140 msnm. El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia-UJED, ubicado en el km 28 de la carretera Gómez Palacio-Tlahualilo, Dgo. Los suelos nativos son de aluvión, tipo aridosol. El suelo en el que se trabajo es arcilloso. Las características del estiércol que se utilizó son: pH de 7.6, CE de 0.63 dS m^{-1}, MO de 5.47%, N total de 1.12%, amonio (NH_4) de 0.1135%, P de 0.3535%, calcio (Ca) de 3.38%, magnesio (Mg) de 0.71%, K de 3.27%, sodio (Na) de 0.97 ppm, molibdeno (Mo) de 560 ppm, fierro (Fe) de 12300 ppm, zinc (Zn) de 198 ppm, cobre (Cu) de 45 ppm, y boro (Bo) de 410 ppm.

Establecimiento del experimento

El estudio se llevó a cabo durante los años 2008, 2009 y 2010; La variedad utilizada es Lisa Forrajera. Los factores en estudio fueron tres dosis de estiércol solarizado (20, 40, 60 t ha^{-1}), un testigo cero y un tratamiento químico (100-100–00) adicional, para compararlo con los demás; en cuatro densidades de siembra que fueron 4435, 13323, 8871, y 8887 plantas ha^{-1}, con diferentes arreglos topológicos (figura 1).

Los parámetros evaluados fueron pH (en extracto) con potenciómetro, CE en extracto (CE) con conductímetro, MO con el método de Walkley y Black (Page, 1982), nitratos (NO_3^-) con el procedimiento por trasnitración del ácido salicílico (Page, 1982). Las variables medidas en planta nos permiten determinar cuáles son los mejores tratamientos, estas fueron: Rendimiento de forraje y desarrollo vegetativo, ancho de cladodio, largo de cladodio, grueso de cladodio. La distribución de los tratamientos en campo se realizó bajo un diseño de bloques al azar con tres repeticiones (Martínez, 1996). Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS (SAS Institute Inc, 1996) a una probabilidad estadística del 0.05. Para el análisis estadístico del experimento se utilizó análisis de varianza y la prueba de separación de medias de la diferencia significativa honesta (DMS).

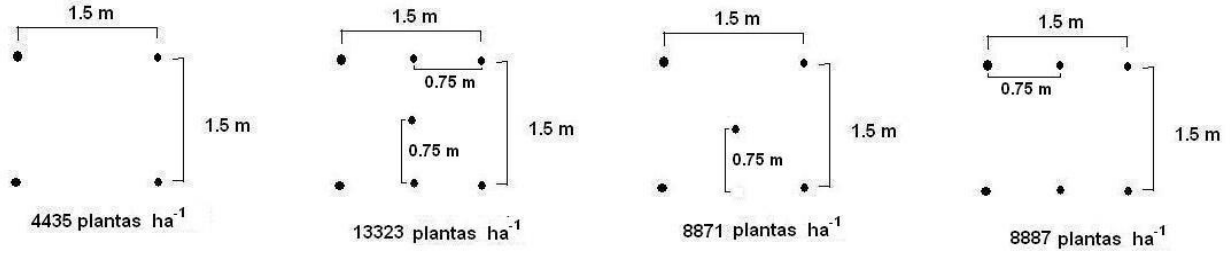


Figura 1. Distribución en campo de la plantación de nopal por densidad

Resultados y Discusión

En la producción de nopal forrajero existe diferencia significativa para los tratamientos de estiércol y para densidades de siembra, con la mayor producción para el tratamiento de 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado con el 90.2% con respecto al testigo en el año 2009, 48.9% en 2010, 59.6 en 2011, 83.5 en 2012, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos de estiércol y en 2009 y 2012 es similar al tratamiento químico (figura 2). El testigo absoluto (0 t ha^{-1}) presentó la menor producción. La densidad de siembra de 13,324 plantas ha^{-1} obtuvo los mejores resultados, con 249.7% en 2008, 107.5% en 2009, 150.3 en 2010 y 146.9 en 2012. La mayor producción con

respecto a la densidad menos productora fue de 4435 en 2009-2011 y la que produjo los resultados más bajos fue de 8871 plantas ha^{-1} en 2012. Los resultados en 2009 y 2010 son superiores a los reportados por Salazar *et al.* (2010), quienes obtuvieron 35.6 t ha^{-1} de forraje verde para el tratamiento de 60 t ha^{-1} de estiércol, pero menor a lo reportado por Martínez *et al.,* (2009) quienes reportaron que con 100 t ha^{-1} de estiércol bovino como abono producen 74.3 t ha^{-1} de forraje verde. El mayor rendimiento de nopalito variedad "Jalpa" se obtuvo con el tratamiento de 100 t ha^{-1} de estiércol (Zúñiga *et al.,* 2009). Con un manejo adecuado de cultivo, el nopal lisa forrajero produce de 200 a 400 t ha^{-1} de forraje fresco (Gutiérrez *et al.,* 2007). Los resultados coinciden con los del 2011, concluyendo que el nopal forrajero responde favorablemente a las aplicaciones de abono así como a altas densidades de población (Reveles *et al.,* 2010). Aunque el nopal responde favorablemente a la aplicación de N (Murillo-Amador *et al.,* 2005), sin embargo en Coahuila su rendimiento varía de 5 a 15 t ha^{-1} (López *et al.,* 2003).

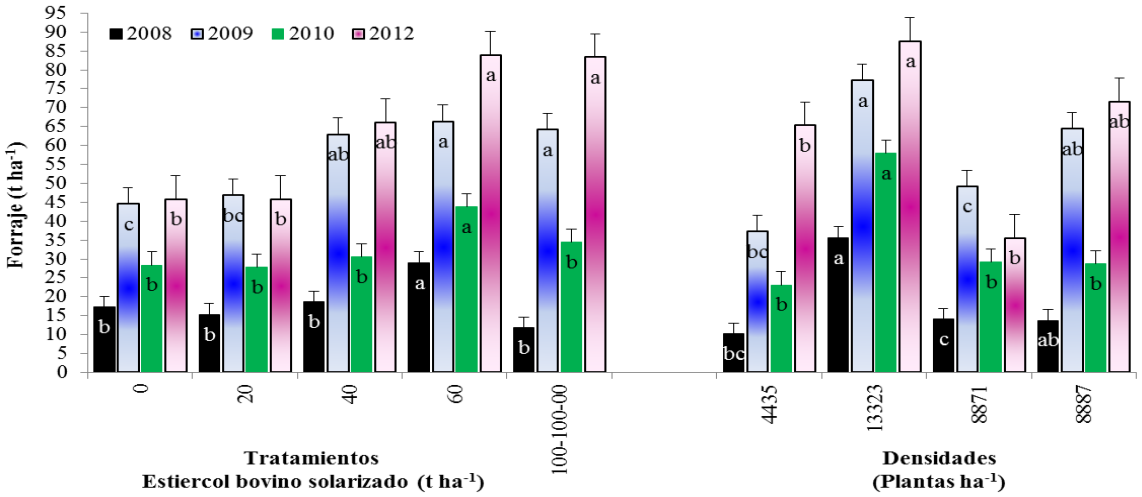


Figura 2. Producción de nopal forrajero por tratamiento de estiércol solarizado y densidades de siembra de la variedad Lisa Forrajera, CAE-FAZ-UJED 2009-2012.

Los valores de pH fluctuaron entre 7.5 a 7.9, que son valores óptimo para nopal (Flores-Ortiz *et al.,* 2010). Los nopales toleran valores relativamente altos de pH llegando a soportar hasta un pH de 8.5 (De Kock, 2010)

Conductividad eléctrica del suelo

En la conductividad eléctrica del suelo existe diferencia estadística significativa para los tratamientos de estiércol con medias inferiores a 3.3 dS m^{-1}, siendo el tratamiento de 60 t ha^{-1} de estiércol la presenta el valor máximo. Al final del año 2010 se muestran los valores más altos para los tratamientos y las densidades, excepto en la de 4435 plantas que fue la que obtuvo el valor más alto al inicio de 2009 con 3.73 dS m^{-1}, sin embargo los valores están dentro del rango óptimo, ya que para un mejor desarrollo de la planta del nopal la conductividad eléctrica máxima del suelo no debe exceder de 5-6 dS m^{-1}(De Kock, 2010). Con la adición de abono orgánico la CE tiende a aumentar (figura 3), como lo menciona Castellanos *et al.,* (2000) quienes afirmas que con la aplicación de estiércol la conductividad eléctrica tiende a aumentar.

Materia Orgánica del suelo

Para Materia Orgánica existe diferencia estadística significativa para los tratamientos de estiércol solarizado con medias más altas correspondientes a los tratamientos de 40 y 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado. El fertilizante químico (100-100-00) presento la menor cantidad de Materia Orgánica, similar al testigo absoluto en 2010 y 2012 (cuadro 3). La materia orgánica se incrementó desde el inicio de la investigación hasta el 2012, debido a la biodegradación del estiércol, ya que éste contiene más del 5% de MO. La aplicación apropiada de abonos orgánicos en suelos agrícolas aumenta como medio de disposición, reciclaje de nutrientes y conservación del agua (*López-Martínez et al.,* 2001). La descomposición de MO depende de los microorganismos presentes y es

un concepto general de una secuencia completa de procesos muy detallados en los cuales los organismos utilizan los compuestos orgánicos como fuente de alimento (Cabrera *et al.,* 2005; Lamm, 2000). Esto coincide con Zúñiga *et al* (2009) quienes concluyeron que las aplicaciones de estiércol en el cultivo de nopal incremento el contenido mineral y de Materia Orgánica del suelo al final del experimento. Salazar *et al* (2010) reportaron que con una aplicación de 60 t ha^{-1} obtuvieron un porcentaje mayor de materia orgánica en el suelo y Salazar-Sosa *et al* (2009) también concluyen que la adición de estiércol bovino incrementa el contenido de materia orgánica en el suelo, lo cual coincide con Castellanos *et al* (2000).

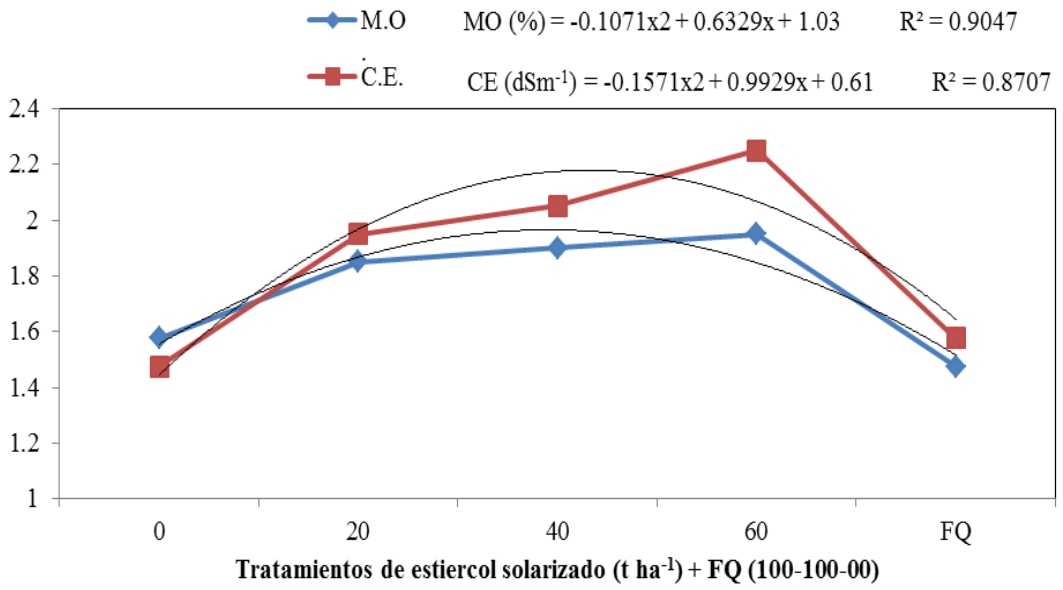


Figura 3. Comportamiento de la materia orgánica (MO) y la conductividad eléctrica (CE) en el suelo a través del tiempo, CAE-FAZ-UJED. 2009-2012.

Los resultados de Nitratos (NO_3) muestran diferencias significativas para los tratamientos de estiércol solarizado, siendo el de 60 t ha^{-1} el que presenta los valores mayores, más del doble con respecto al testigo, excepto en 2011 que apenas es superior en 13% (figura 3). La densidad de 4435 plantas ha^{-1} tiene los valores más altos de nitratos, excepto a finales del 2010 cuando la densidad de 8871 plantas ha^{-1} muestra mayor contenido de nitratos. Cusick *et al* (2006) revelaron que aplicaciones de estiércol con características uniformes, tiene impactos diferentes en la producción y absorción de nitrógeno; debido a que la mineralización es afectada por diversos factores como humedad, temperatura, aireación, tipo y cantidad de abono aplicado, tipo de suelo, clima, mineralogía de las arcillas, el estado de nutrientes del suelo, actividad de la biota edáfica (Trinidad, 2007; Flores *et al.,* 2007; Eghball *et al.,* 2002), y diversidad de microorganismos del suelo (Tate, 1995). La sombra de las plantas puede afectar la humedad del suelo y con ello la mineralización (Flores-Márgez *et al.,* 2009).

Conclusiones

Se aplicaron tratamientos de estiércol de 0, 20, 40 y 60 t ha^{-1} más un tratamiento de 100-100-00 en densidades de plantación de 4435, 8871, 8887 y 13323 plantas ha^{-1}. Los resultados muestran que las mejor dosis de estiércol solarizado para la producción de nopal de la variedad Lisa Forrajera es la de 60 t ha^{-1} y la densidad más productora es la de 13323 plantas ha^{-1}. El suelo mostró incrementos de materia orgánica en el tercer año de estudio siendo los tratamientos de 40 y 60 t ha^{-1} de estiércol solarizado los más favorecidos. El pH del suelo es el óptimo señalado por algunos

autores para la producción de nopal forrajero y la conductividad eléctrica se mantuvo en niveles bajos (menor a 2 dS m^{-1}).

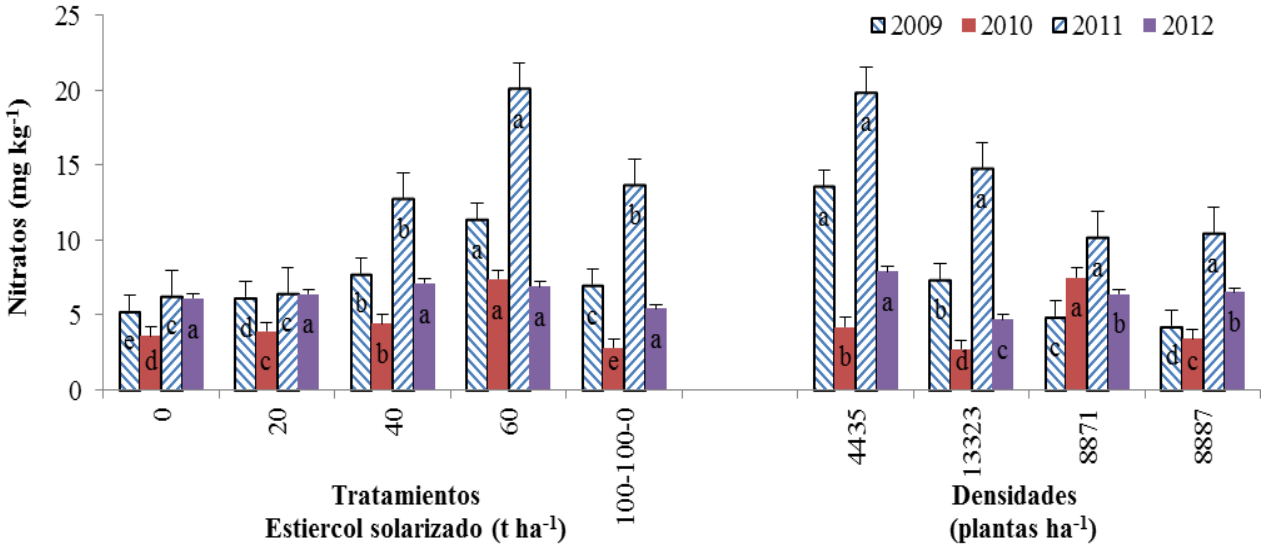


Figura 4. Comportamiento de los nitratos en el suelo a través del tiempo, CAE-FAZ-UJED. 2009-2012.

Bibliografía

Abdurrahman, H., B. Fatih, M. Fatih and Y. Mustafa. 2004. Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. J. Compost Sci. Util. 12: 175-179.

Chaney, D.E., L.E. Drinkwater and G.S. Petty-grove. 1992. Organic Soil Amendments and Fertilizers. Division of Agriculture and Natural Resources Nº 21505. University of California. Oakland, CA, EEUU. 36 pp.

Gharaibeh, M.A., N.I. Eltaif and O.F. Shunnar. 2009. Leaching and recla- mation of calcareous saline-sodic soil by moderately saline and moderate-SAR water using gypsum and calcium chloride. J. Plant Nutr. Soil Sci. 172: 713-719.

Gupta, R.K., C.P. Singh and I.P. Abrol. 1985. Dissolution of gypsum in alkali soils. Soil Sci. 140: 382-386.

Anaya, P.M.A. 2003. Historia del uso de Opuntia como forraje en México. En: Mondragon-Jacobo C y Pérez-González S editores. El nopal (Opuntia spp.) como forraje. 1ª Ed. Roma, Italia: FAO. Estudio FAO producción y protección vegetal 169, Disponible: http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s05.htm#BM05, Consultado: 24 Jul, 2012.

Azocar P. 2003. Opuntia como alimento para rumiantes en Chile. En: Mondragon-Jacobo C y Pérez-González S editores. El nopal (Opuntia spp.) como forraje. 1ª Ed. Roma, Italia: FAO. Estudio FAO producción y protección vegetal 169, Disponible: http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0a.htm#BM10, Consultado: 24 Jul, 2012.

Cabrera ML, Kissel DE, Vigil MF. 2005. Nitrogen mineralization from organic residues: Research opportunities. J EnvironQual; 34:75-79.

Castellanos JZ, Uvalle, AJ, Aguilar S. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2da. Ed. México DF. Instituto de capacitación para productividad agrícola.

Cordeiro DSD, Gonzaga DAS. 2003. Opuntia como forraje en el noreste semiárido del Brasil. En: Mondragon-Jacobo C y Pérez-González S editores. El nopal (Opuntia spp.) como forraje, 1ª Ed. Roma, Italia: FAO. Estudio FAO producción y protección vegetal 169. Disponible: http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s09.htm#BM9, Consultado: 24 Jul, 2012.

Cusick PR, Kelling KA, Powell JM, Muñoz GR. 2000. Estimate of residual dairy manure nitrogen availability using various techniques. J EnvironQual; 35:2170-2177.

De Kock GC. 2003. El uso del nopal como forraje en las zonas áridas de Sudáfrica. En: Mondragon-Jacobo C y Pérez-González S editores. El nopal (Opuntia spp.) como forraje, 1ª Ed. Roma, Italia: FAO. Estudio FAO producción y protección vegetal 169. Disponible: http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0e.htm#BM14, Consultado: 24 Jul, 2012.

Eghball B, Wienhold BJ, Guillery JE, Eigenberg RA. 2002 Mineralization of manure nutrients. JSoilWaterCons; 57(6):470-473.

Felker P. 2003. La utilización de Opuntia como forraje en los Estados Unidos de América. En: Mondragon-Jacobo C y Pérez-González S editores. El nopal (Opuntia spp.) como forraje, 1ª Ed. Roma, Italia: FAO. Estudio FAO producción y protección vegetal 169. Disponible: http://www.fao.org/docrep/007/y2808s/y2808s0e.htm#BM14,

Flores MJP, Corral DB, Sapien MG. 2007. Mineralización de nitrógeno de biosólidos estabilizados con cal en suelos agrícolas. Terra Latinoamericana. 25(4): 409-417.
Flores VCA. 1997. La producción de tuna en San Cono, Sicilia, Italia. En: Memorias del VII Congreso Nacional y V Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del nopal, Monterrey Nuevo León, México. 158-159.
Flores-Márgez JP, Corral-Díaz B, Figueroa-Viramontes U, Mauricio-Rivera L, Sotomayor-Villezcas V. 2009. Mineralización del nitrógeno orgánico en suelos agrícolas del Norte de México. Ciencia en la Frontera, 7:18-24.
Flores-Ortiz MA, Reveles-Hernández M. 2010. Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. RESPYN; Ed Esp 5:198-210.
García E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Editorial Offset Larios, S. A. México, D.F.
Gutiérrez OE, Elías A, Bernal H, Morales H. 2007. Usos alternativos de nopal forrajero, VI Simposium taller producción y aprovechamiento del nopal en el noroeste de México. Marín, Nuevo León, México.
Kiesling R. 1995. Origen, Domesticación y Distribución de Opuntia ficus-indica. Instituto de Botánica Darwinion C. C. 22. Disponible en: http://www.fao.org/teca/es/system /files/Opuntia%20ficus%20indica.pdf
Lamm, FR, Schlegel AJ. 2000. Nitrogen fertilization for corn production when using LEPA center pivot sprinklers. National Irrigation Symposium proceeding of the 4th Decennial Symposium, Phoenix, AZ, USA.
López GJJ, Fuentes RJM, Rodríguez GA. 2003. Producción y uso de Opuntia como forraje en el centro-norte de México. En: Mondragon-Jacobo C y Pérez-González S editores. El nopal (Opuntia spp.) como forraje, 1ª Ed. Roma, Italia: FAO. Estudio FAO producción y protección vegetal 169. Disponible: http://www.fao.org/docrep/007/ y2808s/y2808s08.htm#BM08, Consultado: 20 Jun, 2012.
López-Martínez JD, Díaz-Estrada A, Martínez Rubin E, Valdez-Cepeda RD. 2001. Effect of Organic Fertilizers on Physical-Chemical soil Propertis and Corn Yield. Terra Latinoamericana; 19:293-299.
Martínez GA. 1996. Diseños experimentales: métodos y elementos de teoría. Ed. Trillas. México, D. F.
Martínez LJR, Vásquez ARE, Gutiérrez OE, Olivares SE, Vidales CJA, Valdez CRD, Peña MA, López CR. 2009. Calidad nutricional y rendimiento de nopal forrajero abonados orgánicamente. XXX Ciclo de Seminarios de Posgrado e Investigación, Escobedo Nuevo León, México, 69-74.
Moßhammer MR, Stintzing FC, Carle. 2006. Cactus Pear Fruits (Opuntia spp.): A Review of Processing Technologies and Current Uses. JPACD; 8:1-25
Murillo-Amador B, García-Hernández JL, Ávila-Serrano NY, Orona-Castillo I, Troyo-Diéguez E, Nieto-Garibay A, Ruiz-Espinoza FH, Zamora-Salgado S. 2005. A multivariate approach to determine the effect of doses and sources of N, P, and K in Opuntia ficus-indica L. Mill. JPACD 7:110-124.
Page AL, Miller RH, Keeney DR. 1982. Methods of soil analysis. Chemical and microbiological properties. 2ndedition. Agronomy No. 9, Part 2. American Society of Agronomy. Inc. and Soil Science Society of America. Inc. Madison, WI, USA.
Reveles HM, Flores OMA, Blanco MF, Valdez CRD, Félix RG. 2010. El manejo del nopal forrajero en la producción de ganado bovino. RESPYN; Ed Esp 5:130-144.
Salazar SE, Trejo EHI, González VDC, Fortis HM, Orona CI, Vázquez VC. 2010. Producción orgánica de nopal forrajero (Opuntia ficus indica) variedad liso forrajera. IX Simposium-Taller Nacional y II Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal y Maguey", Campus de Ciencia Agropecuarias de Nuevo León, UANL. Escobedo, Nuevo León, México, 95-109.
Salazar-Sosa E, Trejo-Escareño HI, Vázquez-Vázquez C, López-Martínez JD, Fortis-Hernández M, Zuñiga-Tarango R, Amado-Álvarez JP. 2009. Distribution of Available Nitrogen in the Soil Profile After Appliying Bovine Manure in Corn Forage. Terra Latinoamericana; 27:373-382.
SAS Institute Inc. 1996. SAS for Windows, Release 6-12 version 4.0.1111. SAS Compus Drive, North Carolina. U.S.A 4.
Tate RL. 1995. Soil Microbiology. John Wiley & Sons. New York, NY.
Trinidad A. 2007. Utilización de estiércoles, SAGARPA, Secretaria de Desarrollo Rural. Dirección general de apoyo para el desarrollo rural. Montecillo, Estado de México 1-8.
Zúñiga TR, Orona CI, Vázquez VC, Murillo AB, Enrique SS, López MJD, García HJL, Rueda PE. 2009. Root growth, yield and mineral concentration of Opuntia ficus-indica (L.) Mill. under different fertilization treatments. JPACD 2009;11:53-68.

RENDIMIENTO, CALIDAD Y CONTENIDO DE CAPSAICINA DE GENOTIPOS DE CHILE JALAPEÑO Y SERRANO (*Capsicum annuum* L.) PRODUCIDOS BAJO FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Valadez Sánchez, Y. M.[1]; Olivares Sáenz, E.[1]; Vázquez Alvarado, R.[1]; García Hernández, J.L.[2*]; Esparza Rivera, J.R.[3]; Valdéz Cepeda, R.D[4]

[1]Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Km 3 Carretera Monterrey a Colombia Municipio de Gral. Escobedo Nuevo León, México.
[2]Facultad de Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango, ejido Venecia, Gómez Palacio, Dgo. México.
[3]Facultad de Ciencias Químicas Gómez Palacio. Universidad Juárez del Estado de Durango. Avenida Articulo 123 S/N, Fraccionamiento Filadelfia, Gómez Palacio, Durango. México.
[4]Universidad Autónoma Chapingo-CRUCEN. Universidad Autónoma de Zacatecas, Zacatecas, Zacatecas. México

*Autor responsable: josel.garciahernandez@yahoo.com

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de tres tipos de abono orgánico sobre el rendimiento, calidad y contenido de capsaicina en genotipos de chile Jalapeño y Serrano establecidos a campo abierto. Los tratamientos aplicados fueron: estiércol bovino solarizado (10 Mg ha^{-1}), vermicomposta (10 Mg ha^{-1}), gallinaza (5 Mg ha^{-1}), y un tratamiento testigo (sin fertilización). Las variables evaluadas fueron: rendimiento (peso y número de frutos por cosecha), calidad (longitud, diámetro y peso individual del fruto), y contenido de capsaicina en fruto. Respecto a la evaluación de genotipos de chile jalapeño, Euforia tuvo el mayor número de frutos por planta y rendimiento en peso (g) por cosecha, mientras que los genotipos Tajín y HMX 8665 tuvieron los pesos de fruto individual más altos. Por otra parte, en lo referente a los resultados de chile serrano los genotipos Don Diego I y Don Vicente fueron los de mayor diámetro y peso de fruto individual, y los genotipos Don Diego II y Pepper Don Vicente fueron los menores. En cuanto a la concentración de capsaicina los resultados fueron diferentes a los reportados en otras investigaciones.

Palabras clave: Alcaloides; capsaicinoides; carotenoides; fenoles; flavonoides

Introducción

El chile *(Capsicum annuum* L.), es uno de los productos hortícolas más importantes en México que dependiendo de la variedad puede contener compuestos bioactivos tales como flavonoides, fenoles, carotenoides, vitaminas y compuestos capsaicinoides (Rosa *et al;* 2002). El interés de la industria farmacéutica por los capsaicinoides ha promovido el estudio fitoquímico de cultivares con alto contenido de estos compuestos. Por otra parte, las tendencias de consumo en los últimos años señalan que los consumidores prefieren alimentos inocuos y con alto valor nutricional que estén libres de agroquímicos durante su producción, como es el caso de las prácticas culturales de agricultura orgánica (Alvajana *et al*., 2004). Este método agrícola representa un valor agregado a los productos que se obtienen cuyo precio es generalmente mayor que el de los producidos bajo sistemas de agricultura convencional (Nieto-Garibay *et al*, 2002). Dentro de las principales prácticas culturales de la agricultura orgánica destaca la fertilización, mediante materiales residuales tales como el estiércol de bovino y la gallinaza. Estos residuos regularmente contienen altos niveles de minerales, destacando el fósforo, calcio, zinc y magnesio (Castellanos, 1982). Romero (2000) reporta en la producción orgánica de papa a la gallinaza como el fertilizante orgánico que aportó la mayor cantidad de nutrimentos de origen orgánico y obtuvo el mejor rendimiento total. Además, existe evidencia de que la aplicación de estiércol de bovino composteado en papa incrementó

significativamente la longitud de la raíz (Porter y Opena 1999), mientras que Vázquez *et al* (2011) mencionan que dosis de 40 Mg ha^{-1} de estiércol solarizado han resultado en aumento del rendimiento en chile jalapeño. Otra ventaja adicional de la aplicación de fertilizantes orgánicos es su prolongada efectividad para aporte nutricional a las plantas, reportándose la liberación de nutrientes como el fósforo después de cuatro años de la aplicación de estiércol fresco o composteado (Eghball *et al*., 2004). Por otra parte, Ramos (2010) señala que la aplicación en suelo de fertilizantes químicos u orgánicos (estiércol de bovino) en chile jalapeño (híbrido Vencedor) no afectó la pungencia de los frutos, además de que no se encontró diferencias significativas en rendimiento entre dichos tratamientos.

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar el efecto de tres tipos de abono orgánico sobre el rendimiento, calidad y contenido de capsaicina de genotipos de chile jalapeño y serrano cultivados a campo abierto.

Materiales y Métodos

La presente investigación se realizó en la Comarca Lagunera, región situada en la parte suroeste de Coahuila y noreste de Durango entre los paralelos 25° 25’ y 25° 30’ de latitud norte, y los meridianos 102° 51’ y 103° 40’ de longitud oeste (Vázquez *et al*; 2010). El experimento se estableció en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango, ubicado en el ejido de Venecia, Gómez Palacio, Durango, llevándose a cabo durante el ciclo primavera-verano del 2012.

Las variedades de chile Jalapeño utilizadas fueron: (Don Julio I, Don Julio II, Tajín, Autlán F1, Euforia, HMX 8665), y de chile Serrano: (Don Diego I, Don Vicente, Don Diego II y Pepper Don Vicente). Las semillas fueron colocadas para su germinación en charolas de 200 cavidades dentro de un invernadero, y el trasplante a campo abierto fue realizado al alcanzar las plántulas tres pares de hojas. La irrigación de las plantas fue realizada de acuerdo a la etapa fenológica mediante riego por cintilla con una lámina de 60 cm durante todo el experimento.

Los tipos de fertilizante orgánico aplicados fueron: estiércol bovino solarizado (10 Mg ha^{-1}), vermicomposta (10 Mg ha^{-1}), y gallinaza (5 Mg ha^{-1}), con un tratamiento testigo sin fertilización.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento (peso y número de frutos por cosecha), calidad (longitud, diámetro y peso individual del fruto), y contenido de capsaicina del fruto. El peso individual del fruto se calculó obteniendo el promedio de un mínimo de 25 frutos obtenidos de dos cosechas usando una báscula digital Torrey (modelo EQ 5/10®). El diámetro y longitud de fruto fueron medidos con un Vernier Surtek®. El contenido de capsaicina fue obtenido usando una adaptación del método espectrofotométrico de López *et al* (2004). Los extractos de capsaicinoides se obtuvieron mezclando 50 mg de muestra seca molida con 2.5 ml de metanol, dejando un tiempo de contacto de cuatro horas. Después se centrifugó la mezcla a 3000 rpm por diez minutos separando el sobrenadante: el contenido de capsaicinoides se mediante la lectura de la absorbancia del extracto a una longitud de onda de 273 nm, y se calculó usando una curva estándar, reportándose en µg de capsaicina/g de muestra base seca.

El diseño experimental fue factorial (genotipos x tipo de fertilizante) completamente al azar con 4 repeticiones por tratamiento, evaluándose el fruto recolectado de una planta por repetición. Los resultados de las variables se analizaron mediante ANOVA usando el software Statistica 7.0 (2004), y en caso de ser necesaria se realizó la comparación de medias con la prueba de Tukey ($P<0.05$).

Resultados y Discusión

Los resultados de la evaluación de chile jalapeño indican que el rendimiento y calidad de esta variedad son afectados por el genotipo pero no por el tipo de fertilización, mientras que la interacción Genotipo*tipo de Fertilizante solo tuvo efecto sobre el número de frutos/cosecha ($P<0.05$) (Tabla 1). Estos resultados concuerdan con los publicados por Delate *et al* (2003), quienes reportan que el crecimiento de la planta y rendimiento de chile jalapeño “Knight” fueron similares en una evaluación de fertilización química convencional y orgánica.

Con respecto al número de frutos por planta el genotipo Euforia fue el que tuvo el valor más alto, con 16 frutos por planta (Tabla 2). En lo referente al peso de fruto por cosecha los genotipos Euforia, HMX 8665 y Don Julio I presentaron los mayores rendimientos (239.54, 220.07, y 204.60 g por cosecha respectivamente), mientras que los genotipos Don Julio II, Tajín y Autlán F1 obtuvieron los valores más bajos. Asimismo, con respecto al peso de fruto individual se obtuvieron valores considerados como aceptables en todos los genotipos (15.25-21.49 g), teniendo los genotipos Tajín y HMX 8665 los pesos promedio más altos (21.49 y 19.72 gr respectivamente).

Tabla 1. Análisis de varianza de variables de rendimiento y calidad de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) producido a campo abierto con diferentes tipos de abono orgánico

	NÚMERO DE FRUTOS/COSECHA	PESO DE FRUTO (INDIVIDUAL)	LONGITUD DE FRUTO	DIÁMETRO DE FRUTO	PESO FRUTOS POR COSECHA
GENOTIPO	14.80**	6.47**	0.59 ns	9.51**	6.22**
TIPO DE FERTILIZANTE	1.72 ns	2.67ns	2.15 ns	2.04 ns	0.28 ns
GENOTIPO*TIPO DE FERTILIZANTE	2.62**	0.76 ns	1.34 ns	1.05 ns	1.07 ns

**significativo a nivel de P< 0.01 * Significativo a nivel de P< 0.05 ns = no significativo

Tabla 2. Resultados de evaluación de calidad del fruto de genotipos de chile Jalapeño cultivados a campo abierto bajo fertilización orgánica en el Ejido Venecia (Gómez Palacio, Durango)

GENOTIPO	NO.FRUTOS/COSECHA	DIÁMETRO (mm)	PESO FRUTO/COSECHA (g)	PESO FRUTO INDIVIDUAL (g)
Don Julio I	10.34^{b}	29.22^{a}	204.60^{a}	18.93^{bc}
Don Julio II	9.21^{bc}	28.31^{a}	159.71^{b}	17.97^{bc}
Tajín	7.50^{c}	27.97^{ab}	158.61^{b}	21.49^{a}
Autlán F1	9.15^{bc}	26.23^{bc}	150.87^{b}	16.65^{cd}
Euforia	16.21^{a}	25.16^{cd}	239.54^{a}	15.25^{d}
HMX 8665	11.12^{b}	24.29^{d}	220.07^{a}	19.72^{ab}

Comparación de medias realizada mediante una prueba de Tukey (P<0.05)
Valores seguidos por letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Los resultados de la evaluación de chile Serrano indican que el genotipo tuvo efecto sobre el peso de fruto individual, longitud de fruto y diámetro de fruto (P<0.05). Sin embargo, la interacción Genotipo* Tipo de Fertilizante solo fue significativa (P<0.05) para el peso de fruto individual (Tabla 4). Con respecto al peso de fruto individual, los genotipos Don Diego I y Don Vicente fueron los de mayor peso, con valores de 7.34 y 7.27 g respectivamente, mientras que los genotipos Don Diego II y Pepper Don Vicente tuvieron los menores valores (6.28 y 6.15 g respectivamente). Martínez *et al;* 2005 reportan valores similares a los obtenidos en el presente estudio, con frutos de chile Serrano entre 5.5 y 15 g/fruto, con peso promedio de 9.6 g/fruto.

En la evaluación de los otros parámetros de calidad los genotipos Don Diego I, Don Vicente y Don Diego II no tuvieron diferencias en la longitud de fruto, mientras que los genotipos Don Vicente y Don Diego I presentaron los mayores diámetros de fruto (15.93 y 15.09 mm respectivamente). Estos resultados difieren a los presentados por Santoyo y Martínez (2008), quienes evaluaron la aplicación de nutrición orgánica, inorgánica y su combinación en chile ancho (genotipo "Rebelde") y jalapeño (genotipo "Tajín"), obteniendo la mejor calidad los chiles jalapeños fertilizados orgánicamente seguidos de los producidos bajo fertilización química, aunque los chiles jalapeños orgánicos tuvieron el menor rendimiento.

Tabla 3. Análisis de varianza de variables de rendimiento y calidad de chile serrano (*Capsicum annuum L.*) producido a campo abierto con diferentes tipos de abono orgánico

	NÚMERO DE FRUTOS POR COSECHA	**PESO DE FRUTO INDIVIDUAL**	**LONGITUD DE FRUTO**	**DIÁMETRO DE FRUTO**	**PESO DE FRUTO POR COSECHA**
GENOTIPO	0.96^{ns}	6.10**	2.71 *	7.00 **	0.84^{ns}
TIPO DE FERTILIZANTE	1.88^{ns}	0.74^{ns}	0.64^{ns}	0.269^{ns}	1.69^{ns}
GENOTIPO*TIPO DE FERTILIZANTE	1.72^{ns}	2.90**	1.41^{ns}	1.293^{ns}	1.82^{ns}

**significativo a nivel de P< 0.01 * Significativo a nivel de P< 0.05 ns = no significativo

Tabla 4. Resultados de evaluación de calidad del fruto de genotipos de chile Serrano cultivados a campo abierto bajo fertilización orgánica en el Ejido Venecia (Gómez Palacio, Durango)

GENOTIPO	**LONGITUD DE FRUTOS**	**DIÁMETRO DE FRUTOS**	**PESO FRUTO INDIVIDUAL**
Don Diego I	73.00^{a}	15.09^{ab}	7.27^{a}
Don Vicente	72.78^{a}	15.93^{a}	7.34^{a}
Don Diego II	69.22^{ab}	14.19^{bc}	6.28^{b}
Pepper Don Vicente	65.54^{b}	13.28^{c}	6.15^{b}

Comparación de medias realizada mediante una prueba de Tukey (P<0.05)
Valores seguidos por letras distintas en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Con respecto al contenido de capsaicinas, los genotipos de chile Jalapeño producido bajo los diferentes tratamientos de fertilización orgánica tuvieron valores entre 70.1 y 78.0 µg de capsaicina/g base seca (Tabla 6), los cuales son valores más bajos que los reportados por Molina *et al* (2009) quienes obtuvieron valores de 106.09±17.21 µg/g base seca. Estas diferencias pudieran ser atribuidas al tipo de genotipo de chile jalapeño evaluado.

Por otro lado la concentración de capsaicinoides en los genotipos de chile serrano evaluados fue de 73.8 a 78.6 µg/g base seca (Tabla 7), siendo éstos más altos que los reportados por Molina *et al* (2009), quienes obtuvieron valores de (61.14± 4.37 µg/g B.S).

Tabla 5. Resultados de medición de peso del fruto* (individual en g) de genotipos de chile Serrano cultivados a campo abierto bajo fertilización orgánica en el Ejido Venecia (Gómez Palacio, Durango)

GENOTIPO	SIN FERTILIZACIÓN	ESTIERCOL SOLARIZADO	VERMICOMPOSTA	GALLINAZA
Don Diego I	7.52 ^{aAB}	6.49 ^{aB}	8.29 ^{aA}	6.78 ^{abB}
Don Vicente	7.59 ^{aA}	7.20 ^{aA}	7.10 ^{abA}	7.76 ^{aA}
Don Diego II	5.16 ^{bB}	7.81 ^{aA}	5.96 ^{bB}	6.19 ^{bcB}
Pepper Don Vicente	6.83 ^{aA}	6.43 ^{aAB}	6.16 ^{bAB}	5.20 ^{cB}

*n = 25. Diferencias entre medias obtenidas mediante prueba de Tukey ($P < 0.05$). Valores en columnas con distinta letra minúscula son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$). Valores en renglones con distinta letra mayúscula son diferentes estadísticamente ($P < 0.05$).

Tabla 6. Resultados preliminares de la concentración de capsaicina* de genotipos de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cultivado a campo abierto con diferentes tipos de abono orgánico.

GENOTIPO	SIN FERTILIZACIÓN	ESTIERCOL SOLARIZADO	VERMICOMPOSTA	GALLINAZA
Don Julio I	76.1	77.3	78.0	77.2
Don Julio II	75.2	77.5	76.7	73.5
Tajín	74.2	77.5	71.6	76.3
Autlán F1	76.3	77.2	71.2	76.6
Euforia	74.5	77.5	76.8	77.6
HMX 8665	70.1	77.6	78.0	72.6

*** Resultados en µg/g base seca)**

Tabla 7. Resultados preliminares de concentración de Capsaicina* de genotipos de chile serrano (*Capsicumannuum* L.) cultivado a campo abierto con diferentes tipos de abono orgánico

GENOTIPO	SIN FERTILIZACIÓN	ESTIERCOL SOLARIZADO	VERMICOMPOSTA	GALLINAZA
Don Diego I	73.8	76.4	76.1	76.2
Don Vicente	73.8	76.4	76.1	76.2
Don Diego II	77.1	77.6	77.8	76.6
Pepper Don Vicente	76.8	78.6	77.0	77.4

*** Resultados en µg/g base seca)**

Los resultados obtenidos sugieren que la fertilización orgánica no resulta en una mejoría del rendimiento, calidad y contenido fitoquímico de todos los productos hortícolas, como es el caso de los genotipos de chile Jalapeño y Serrano evaluados en éste experimento, siendo necesario evaluar la producción de chile aplicando combinaciones de fertilizante químico y orgánico que puedan satisfacer los requerimientos nutricionales de este cultivo.

Conclusiones

El genotipo de chile tanto jalapeño como serrano afectó el rendimiento y calidad de ambos tipos de chiles. El genotipo de chile Jalapeño Euforia obtuvo el mayor número de frutos por planta y rendimiento, mientras que los genotipos Tajín y HMX 8665 tuvieron los pesos de fruto individual más altos. Los genotipos de chile serrano Don Diego I y Don Vicente fueron los de mayor peso de fruto individual y diámetro de fruto, y con valores menores los genotipos Don Diego II y Pepper Don Vicente. Asimismo, el contenido de capsaicinas en las variedades de chile evaluadas no fue afectado por el tipo de fertilización orgánica aplicada en el experimento. Es necesario realizar más evaluación de fuentes nutricionales orgánicas y combinaciones de fertilización orgánica-química en la producción de estas variedades de chile.

Bibliografía

Alvajana, M. C. R., Hoppin, J. A., and Kamel, F. 2004. Health effects of chronic pesticida exposure: cancer and neurotoxicity. Ann. Rev. Public Health 25: 155-197.

Castellanos, J.Z. 1982. Estudio sobre la producción, utilización y características de los estiércoles en la Comarca Lagunera. En: Castellanos y Reyes (Eds). Memorias del primer Ciclo Internacional de Conferencias sobre la utilización del Estiércol en la Agricultura. Ingenieros Agrónomos del Tecnológico de Monterrey, A.C. Torreón, Coahuila. P.15.

Delate, K., Friedrich, H. and Lawson, V. 2003. Organic pepper production systems using compost and cover crops. Biological Agriculture and Horticulture 21:131-150.

Eghball, B., Ginting, D. and Gilley, J.E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil proprieties. Agron. J. 96:442-447.

López, F.E., Lobato, C.E., Gómez, A., Romero, N. y Escobar, A. (2004) Memorias de Divulgación y Video Científico 2011. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Martínez, Z. G., Dorantes, J.R.A., Ramírez, M., De La Rosa, A. y Pozo, O. (2005) Efectos genéticos y heterosis en la vida de anaquel del chile serrano. Rev. Fitotec. Mex. 28:327-332.

Molina, Q.D. y Gámez M.N. 2009 Contenido de compuestos fitoquímicos y su relación con la capacidad antioxidante de extractos de pimientos (capsicum annuum l.) cultivados en el noroeste de México. Universidad de Sonora división de ciencias biológicas y de la salud departamento de investigaciones científicas y tecnológicas posgrado en biociencias. pp 63-64.

Nieto, A., Murillo, B., Troyo, E., Larrinaga, J.A., y García J.L. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del Chile (Capsicum annuum L.) en zonas áridas Interciencia 2002, 27 (agosto).

Porter, G., G. Opena, W. Bradbury, J. McBumie and J. Sisson. 1999. Soil management and supplemental irrigation effects on potato: I. Soil properties, tuber yield, and quality. Agron J 91:416-425.

Ramos, G.F. 2010. Programación de abonos orgánicos con técnicas de acolchado plástico y riego por goteo. Dirección y Gestión de Empresas. Tesis Doctoral. In Lumine Sapientia. Universitas Almerienses. Almeria España. p. 158.

Romero, M., Trinidad, A., García, R., y Ferrera, R., 2000. Producción de papa y Biomasa microbiana en suelo con abonos orgánicos y minerales. Agrociencia 2000, 34: 261-269.

Rosa A., Deiana, M., Casu, V. and Paccagninil, S. 2002. Antioxidant activity of capsinoids. J. Agric. Food Chem. 50: 7396–7401.

Santoyo, J.A., y Martínez, C.O. 2008. Nutrición orgánica y mineral para la producción de chiles picosos en el sur de Sinaloa. Fundación Produce, Sinaloa A.C. Enlace, Innovación y Progreso.

Vázquez, C., García, J. L., Salazar, E., Murillo , B., Orona , I., Zúñiga, R., Rueda, E. O. y Preciado, P. 2010. Rendimiento y calidad de forraje de alfalfa (Medicago sativa L.) con diferentes dosis de estiércol bovino. Rev. Méx. Cienc. Pecu. 1(4): 363-372.

Vázquez, V.C., García, H.J.L., Salazar, S.E., López, M.J.D., Valdez, C.R.D., Orona, C.I., Gallegos, R.M.A. y Preciado, R.P. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capicúa annuum* L.). Revista Chapingo. Serie Horticultura 17:69-74.

Simposium Manejo de Cuencas y Uso Eficiente del Agua

IMPACTO DE LA EROSIÓN DEL SUELO EN LA CUENCA DEL LAGO DE CHAPALA, MICHOACÁN

Cruz Cárdenas, G.[1]; Ochoa Estrada, S.[1]; Silva García, T.[1]; Estrada Godoy, F.[1]*

[1]**Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-IPN-Michoacán, COFAA, Jiquilpan, Michoacán, México.**
*Autor responsable: festradag@ipn.mx; Justo Sierra 28, Col. Centro, Jiquilpan, Michoacán. México. CP 59510; Tel. +52(353)-533-0083

Resumen

La cuenca del Lago de Chapala contiene el cuerpo de agua dulce más grande de México, pero también es uno de los más perturbados principalmente por procesos de erosión de suelo. La erosión de suelo es ocasionada por el cambio de uso de suelo, que en su mayoría causa deforestación de la vegetación nativa de las zonas altas para el establecimiento de áreas agrícolas o la apertura de espacios para practicar la ganadería. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar la erosión del suelo de la cuenca del Lago de Chapala para obtener los elementos necesarios que permitan diagnosticar el grado de deterioro del recurso suelo. La erosión que existe en la cuenca del Lago de Chapala es en general muy severa ya que el promedio es de 200 T ha^{-1}. La erosión del suelo en áreas con agricultura de temporal es catastrófica y es más evidente en las zonas con mayor pendiente, lo cual facilita la transportación y sedimentación de partículas, lo cual se agrava al no existir prácticas de conservación de suelos.

Palabras clave; Cambio de uso de suelo; perturbación de ecosistemas; disminución de rendimiento

Introducción

La erosión del suelo en el ámbito mundial constituye uno de los problemas ambientales más severos; el costo económico que representa la erosión del suelo es aproximadamente \$196 ha^{-1}, el cual se estima de tomar en cuenta la cantidad de agua y nutrientes que se pierde por la erosión, y si estos fueran remplazados por irrigación (costo del combustible para el bombeo) y fertilización (Shpritz *et al.*, 1995).

La perturbación que ocasiona al ambiente la erosión del suelo son la sedimentación, disminución de la fertilidad del suelo, afectación en forma negativa la hidrología de la cuenca, se presentan inundaciones, problemas relacionados con nutrientes y la ecología de los ecosistemas existentes (Vanmaercke *et al.*, 2011). Los sedimentos comúnmente tiene altas concentraciones de fosforo provenientes de la materia orgánica del suelo erosionado y de los fertilizantes empleados en la agricultura este elemento se transporta a través del escorrentías y ríos hasta llegar a los lagos ocasionado contaminación difusa (Owens *et al.*, 2010). Otro problema es el impacto de la erosión sobre la dinámica del carbono, un porcentaje del carbono orgánico del suelo erosionado se mineraliza y es emitido a la atmosfera causando la aceleración del efecto invernadero (Lal, 2003). Al respecto Van Oost *et al.*, (2007) mencionan que aproximadamente el 20% del carbono orgánico de los suelos que se erosionan llega a la atmosfera, que equivale aproximadamente a 0.12 petagramos por $año^{-1}$. Además tener impactos negativos en las propiedades químicas del suelo como es la disminución de su fertilidad también se ve afectado el elemento físico, al remover las partículas orgánicas finas del suelo provoca destrucción de agregados del suelo que incrementaría su porosidad y con ello mejoraría la estructura del suelo, facilitaría la infiltración de agua y en última estancia la productividad del suelo (Duran y Rodríguez, 2008).

Para el caso de México y Centroamérica, se calcula que en los últimos 45 años se han alterado casi 61 millones de hectáreas. Debido a lo anterior es posible considerar a la erosión del suelo como

un problema social económico y factor determinante en el deterioro de los ecosistemas terrestres (Mass, 1998). En la cuenca propia del lago de Chapala, en los últimos 20 años, ha sufrido un cambio de uso de suelo extensivo, provocando la aceleración de los procesos erosivos, que coadyuvan, por una parte en la perdida de fertilidad de sus suelos y por otra parte, al acelerado proceso de asolvamiento del vaso del lago por acumulación acelerada de sedimentos (Tapia *et al.*, 2012).

Al considerar como un problema social, económico y factor determinante en el deterioro de los ecosistemas, es necesario cuantificar la erosión del suelo de la cuenca del Lago de Chapala para obtener los elementos necesarios que permitan diagnosticar el grado de degradación del recurso suelo.

Materiales y Métodos

Área de estudio

El área de estudio se encuentra dentro de la cuenca propia del Lago de Chapala, comprende cinco municipios mostrados en la Figura 1 existen dos tipos de climas, el cálido subhúmedo y templado subhúmedo, el primero se presenta en la zona conocida como Ciénega de Chapala y el segundo en las partes altas (García, 1988). Los suelos principales tipos de suelos son Vertisoles, suelos arcillosos con pH tendientes a la alcalinidad; Fluvisoles, suelos originados por sedimentos aluviales, el contenido de materia orgánica en el horizonte superficial es mayor a 1%; Los Luvisoles son suelos que se localizan en la parte alta de la zona de estudio, también son suelos arcillosos pero el pH de estos suelos es ligeramente acido (IUSS Working Group WRB, 2006).

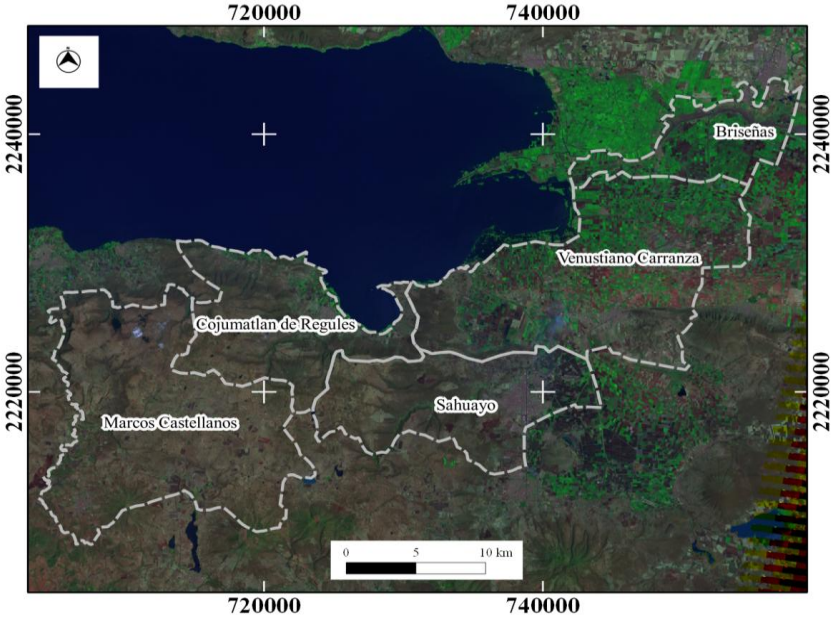


Figura 1. Localización del área de estudio.

Parcelas de escurrimiento

La cuantificación de la pérdida del suelo por erosión hídrica se realizó por medio de parcelas de escurrimiento (Morgan, 2005).

Análisis estadístico

Se aplicó un análisis de varianza factorial para determinar si el uso de uso y vegetación, pendiente, altitud y sus interacciones influyen en la pérdida de suelo y fertilidad. Se obtuvieron tres

categorías de pendientes con base a los valores en los sitios de muestreo, se les aplico una prueba de medias para obtener el intervalo de confianza (IC), pendientes por debajo del IC, son clase 1, pendiente entre el IC clase 2, pendientes por arriba del IC clase 3. Mismo procedimiento se aplicó para generar las clases de altitud.

Software

Para el análisis espacial y edición de mapas se utilizó Quantum GIS 1.8.0 y los análisis estadísticos se realizaron en R (R Core Team, 2013).

Resultados y Discusión

Un total de 18 parcelas se distribuyeron por los diferentes usos de suelo y vegetación presentes como son: agricultura de riego, agricultura de temporal, bosque de encino, matorral subtropical y pastizal. Además de este criterio se consideró la distribución en los cinco municipios que conforman la cuenca propia del Lago de Chapala. Cada parcela tuvo una superficie promedio de 128 m^2 (8 X 16 m), ajustándose de acuerdo a la forma y distribución en el terreno Las medias de las propiedades de suelos para uso de suelo y vegetación se muestran en la Figura 2. El mayor contenido de materia orgánica y nitrógeno total se presentan en suelos con vegetación natural, bosque de encino y matorral subtropical, más de 4% y 0.16% respectivamente. El pH de los suelos va de 6.6 a 7.1, siendo los suelos con pastizales con menor pH y los de agricultura de riego con el valor más alto. En general, la conductividad eléctrica de los suelos es menor de un dS m^{-1}, a excepción donde el uso se destina para agricultura de riego que supera este valor. Con base a Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000) los suelos de la cuenca propia del Lago de Chapala se pueden clasificar de la siguiente manera. El contenido de la materia orgánica y nitrógeno total se considera como alto, el pH de los suelos es neutro y se presenta salinidad ligera en los suelos con agricultura de riego.

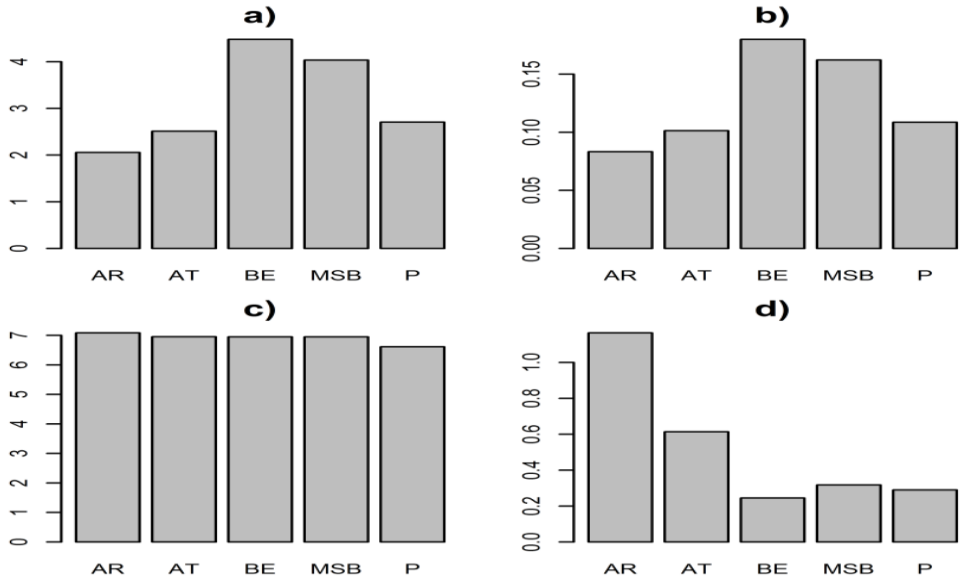


Figura 2. Medias de las propiedades de suelos por uso de suelo y vegetación. a) materia orgánica (%) ; b) nitrógeno total (%); c) pH; d) conductividad eléctrica (dS m^{-1}). AR= agricultura de riego; AT= agricultura de temporal; BE= bosque de encino; MSUB= matorral subtropical; P= pastizal.

El análisis factorial indica que la elevación, el uso del suelo y vegetación y su interacción influyen significativamente en la cantidad de la pérdida del suelo como su fertilidad. En cambio, la interacción de elevación y pendiente sólo afectan la fertilidad del suelo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de la varianza factorial para evaluar la pérdida y fertilidad de suelos.

Factores e interacciones	Pr > F		
	Erosión	Materia orgánica	Nitrógeno total
Elevación	<0.05	<0.05	<0.05
Pendiente			
Uso de suelo y vegetación (USV)	<0.05	<0.05	<0.05
Elevación*Pendiente		<0.05	<0.05
Elevación*USV	<0.05	<0.05	<0.05
Pendiente*USV			

La comparación de medias de los factores de elevación y usos de suelo y vegetación para erosión, materia orgánica y nitrógeno total se presenta en el Figura 3. El rango de elevaciones de 1612 a 1864 m (E2) se produce la mayor cantidad de suelo erosionado y reducción de su fertilidad. El suelo que se erosiona es de 666 t ha^{-1}, de los cuales 29 t ha^{-1} es materia orgánica y 1.2 t ha^{-1} es nitrógeno total. En la agricultura de temporal es donde se da la mayor erosión del suelo y reducción de fertilidad por superficie en comparación con el pastizal, agricultura de riego, matorral subtropical y bosque de encino. Los valores para la erosión, perdida de materia orgánica y nitrógeno total son de 630 t ha^{-1}, 24 t ha^{-1} y 0.98 t ha^{-1} respectivamente.

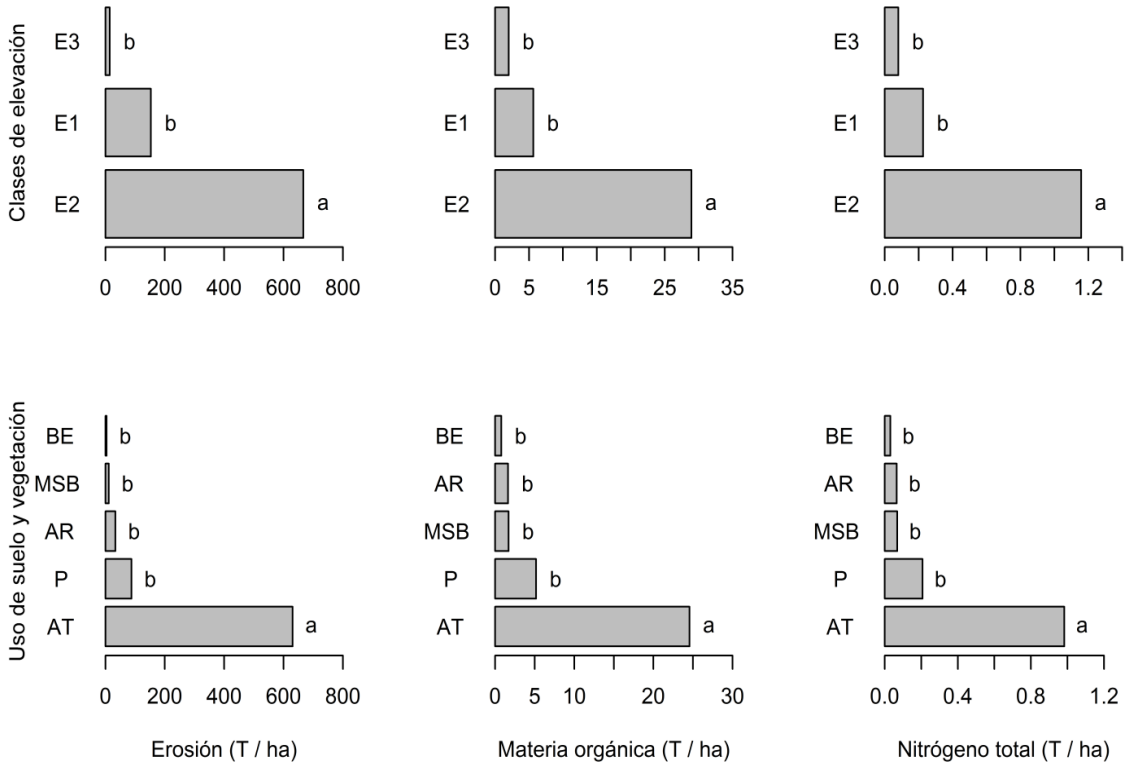


Figura 3. Comparación de medias de los factores de erosión, materia orgánica y nitrógeno total. Letras diferentes significan que hay diferencia significativa entre las medias de las clases de los factores. Clases de elevación: E1= 1523-1611; E2= 1612-1864; E3=1865-2219. Uso de suelo y vegetación: AR= agricultura de riego; AT= agricultura de temporal; BE= bosque de encino; MSUB= matorral subtropical; P= pastizal.

De acuerdo al sistema de clasificación de erosión de suelo propuesto por Morgan (2005): La clase de elevaciones E2 y la agricultura de temporal se tiene erosión catastrófica (>500 t ha^{-1}). Pendientes mayores al 20% y áreas con pastizales tienen erosión muy severa y severa (de 50 a 100 t ha^{-1}) respectivamente.

Mientras que la agricultura de riego, elevaciones mayores 1864 m (E3) y pendientes menores a 4% (S1) se tiene erosión de alta (de 10 a 50 t ha^{-1}) a severa. Áreas con vegetación natural como matorral subtropical y bosque de encino tienen erosión alta (de 10 a 50 t ha^{-1}) y baja (de 2 a 5 t ha^{-1}) respectivamente.

La erosión del suelo es mayor en áreas con agricultura de temporal porque es donde se tienen las mayores pendientes, lo cual facilita la transportación y sedimentación de partículas, y además de no existir prácticas de conservación de suelos. La erosión de los suelos cubiertos por pastizales se debe principalmente por el sobrepastoreo que existen en la cuenca lo cual no soporta su crecimiento adecuado, que permitiría la infiltración e intercepción del suelo por la superficie de la cubierta vegetal (Koulouri y Giourga, 2007).

La pérdida del componente orgánico en suelo además de afectar la disminución del rendimiento de los cultivos por la reducción de los nutrimentos como el nitrógeno, también ocasiona impacto ecológicos relacionados con la contaminación, destrucción del habita ecológico y eutrofización (Vanmaercke *et al.*, 2011).

Conclusiones

En promedio la erosión que existe en la cuenca lago de Chapala se considera muy severa ya que es de 200 T ha^{-1}; lo anterior ocasiona disminución de la fertilidad del suelo que a su vez afecta negativamente los rendimientos de los cultivos. Asimismo, al no existir suelo es poco factible que la mayoría de las especies de plantas pueden desarrollarse adecuadamente lo cual ocasiona la reducción de su biodiversidad; otro ecosistema que es afectado por la erosión del suelo es el lago Chapala esto a través de la contaminación difusa dada en los sedimentos que son depositados en él.

Bibliografía

Duran, V.H. and Rodríguez, C.R. 2008. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. Agronomy for Sustainable Development 28: 65-86.

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificacio´n climática de Köppen. Ind. Mexico.

IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. 2nd edition. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.

Koulouri, M. and Giourga, Chr. 2007. Land abandonment and slope gradient as key factors of soil erosion in Mediterranean terraced lands. Catena 69: 274-281.

Lal, R. Soil erosion and the global carbon budget. Environment International 29: 437-450.

Morgan, R.P.C. 2005. Soil erosion and conservation. Third Editon. Blackwell Science Ltd, USA, 304 p.

Norma Oficial Mexicana. 2002. NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. 31 de diciembre. México, D. F.

Owens, P.N., Petticrew, E.L. and van der Perk, M. 2011. Sediment response to catchment disturbances. Journal of Soils and Sediments 10: 591-596.

R Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R. and Blair, R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science 267: 1117-1123.

Tapia, L.M., Larios, A., Vidales, I., Hernández, A., Guerrero, A.A. and Oropeza, J.L. 2012. Rainfall simulation to evaluate erosion and hillslope runoff in two agricultural anagement systems in central Mexico. International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science 2: 267-275.

Van Oost, K., Quine, T.A., Govers, G., De Gryze, S., Six, J., Harden, J.W., Ritchie, J.C., McCarty, G.W., Heckrath, G., Kosmas, C., Giraldez, J.V., Marques da Silva, J.R. and Merckx, R. 2007. The Impact of Agricultural Soil Erosion on the Global Carbon Cycle. Science 318: 626-629.

Vanmaercke, M., Poesen, J., Maetens, J., de Vente, J. and Verstraeten, G. 2011. Sediment yield as a desertification risk indicator. Science of the Total Environment 409 1715-1725.

DISTRIBUCIÓN DE ALGUNOS PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL ACUÍFERO DE LA PAZ BCS, MÉXICO

Cruz Falcón, A.[1]; Troyo Diéguez, E.[1]; González Michel, A.[1]; Vega Mayagoitia, J. E.[1]; Patrón-Coppel, G.[2]; Meza Trejo, J. L.[3].

[1]**Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), La Paz BCS, México.**
[2]**Sociedad de Historia Natural Niparajá, La Paz BCS, México.**
[3]**Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), La Paz BCS, México.**

Cruz-Falcón A. Mantarraya 140, Col. Fidepaz, La Paz BCS, México, 23094. Tel. +52(612)1238484 ext. 3618.

Resumen

Debido al continuo deterioro del acuífero de La Paz por la sobreexplotación, y la necesidad de conocer la calidad del agua, así como estimar las principales componentes del ciclo hidrológico. Dada la escasez de información y dudas en la confiabilidad de los datos, no existe un buen soporte para los trabajos de investigación. De ahí la necesidad de coadyuvar con las dependencias encargadas de la administración y conservación del recurso para contar con información adecuada de diferentes parámetros. Se conformó una red de pozos para toma de muestras de agua y realizar sondeos, para determinar la distribución de algunos parámetros físico-químicos y metales pesados. La distribución de sólidos totales y sales muestran dos zonas afectadas por la intrusión marina, una alrededor de 6 km de la costa, al sur, entre los ejidos Chametla y El Centenario; y otra al este a 5.5 km de la costa, al sureste del ejido Chametla y cerca de la Universidad, lo cual se debe a un excesivo bombeo de algunos pozos agrícolas. De 30 pozos de uso público-urbano que abastecen a la ciudad, solo cinco presentan concentraciones de sales por arriba de 1 g l^{-1}, lo cual se atribuye a una continua recarga en la zona donde se localiza la batería de pozos. La distribución de temperatura, oxígeno disuelto y pH, con valores altos, coincide aproximadamente con las zonas de menor concentración de sales y viceversa. Las muestras de agua para determinar concentración de metales pesados están en proceso de análisis, lo mismo, el cálculo de elevación del nivel dinámico.

Palabras clave: Acuífero de La Paz; calidad del agua; metales pesados

Introducción

Hoy en dia existe un problema serio de escasez de agua, contaminación y deterioro de los acuíferos que abastecen de agua a la población. El acuífero de La Paz no es la excepción ya que presenta sus problemas. Este acuífero se ha visto seriamente afectado por la sobreexplotación debido a que se extraen mayores volúmenes de agua, a través del bombeo de pozos, que la recarga natural debida a las lluvias, lo cual ha provocado contaminación por intrusión marina, por tratarse de un acuífero costero (Cruz-Falcón et al., 2013). Debido al incremento de la población, durante los últimos años, la disponibilidad de agua para la ciudad de La Paz ha disminuido notablemente.

Para el manejo y conservación de los recursos hídricos, especialmente en las zonas áridas, es importante conocer las características y estado de los mismos, entre lo que destaca la recarga, extracción, balance hidrológico, calidad del agua, etc. precisamente en este aspecto, es necesario contar con información geohidrológica y climatologica suficiente y adecuada para poder hacer los ejercicios de cálculo o estimación de los diferentes parámetros del ciclo hidrológico y de calidad del agua, y observar la evolución de estos a través de los años. Solo así se podrá obtener un diagnóstico claro de la problemática que defina los criterios técnicos para proponer las medidas más adecuadas encaminadas a su protección y conservación. Sin embargo, debido a la escasez de información y dudas en la confiabilidad de los datos, no hay buen soporte para los estudios de

investigación, por consecuencia, son poco representativos de las condiciones reales. Por ello es importante realizar mediciones para obtener datos suficientes y de calidad para los estudios correspondientes. Al parecer en todo el país, existe una problemática general, debida a la falta de información e incertidumbre en la calidad de los datos, lo que limita la investigación y gestión (Perevochtchikova, 2012).

Las rocas y sedimentos que conforman el acuífero, la cuenca de La Paz y cuencas adyacentes presentan de manera natural elementos como, cobre, níquel, mercurio, cadmio y arsénico, los cuales han sido enriquecidos en el ambiente por procesos mineros en la obtención de oro (Carrillo-Chávez, 1996), de ahí que el uso de agua contaminada por estos elementos puede representar riesgo a la salud. La gran mayoría de los problemas de salud relacionados de forma evidente con el agua se deben a la contaminación por microorganismos (bacterias, virus, protozoos u otros organismos), no obstante, existe un número considerable de problemas graves de salud que pueden producirse como consecuencia de la contaminación química del agua de consumo (OMS, 2006), la cual puede ser producto de procesos naturales o antropogénicos. Debido a la necesidad de contar con la suficiente agua potable para el desarrollo de la ciudad, es importante realizar evaluaciones permanentes del acuífero a través de diferentes estudios, que permitan definir sus características, comportamiento y condiciones reales. La información para realizar estudios geohidrológicos y contaminación proviene principalmente de las dependencias oficiales encargadas del control y administración del recurso. Sin embargo, en muchos de los casos, estas bases de datos no son suficientes. Por ejemplo, en una temporada se miden ciertos parámetros y analizan muestras de un determinado número de pozos, y en la otra solo unos cuantos, lo que limita el hacer una comparación precisa año con año, para observar su distribución y evolución.

El objetivo de este trabajo es realizar dos veces por año un monitoreo de agua de una red de pozos del acuífero de La Paz, en temporada de estiaje y lluvias, para determinar algunos parámetros físico-químicos, así como cuantificar concentraciones de algunos metales pesados.

Materiales y Métodos

Para el muestreo de agua de pozo se siguieron los criterios establecidos en la NOM-230-SSA1-2002. Se utilizó el Medidor multiparámetro MPS-YSI556, y para pH y Temperatura el equipo YSI60. El análisis de metales pesados se realizó con el microscopio electrónico de barrido, con la intención de obtener una metodología que resulte más económica para analizar un mayor número de muestras. El sondeo de pozos se llevó a cabo con una sonda común con cable dúplex No.18 de 150 m, y marcas cada 0.5 m. Se realizaron varias salidas de prospección a todos los pozos para identificar el estado en que se encuentran (en operación, fuera de uso, artesanales, norias, etc.), y considerar si son adecuados para tomar muestras de agua y medir niveles. Se obtuvo la ubicación geográfica de cada pozo, para rectificar su posición geográfica, si ese fuera el caso. Para la interpolación de datos, generación de mapas de contornos y distribución de las concentraciones de los diferentes parámetros medidos, se utilizaron los programas ArcView 3.2. y ArcGIS 9.3.

Resultados y Discusión

Primera etapa (temporada de secas)

Inicialmente se obtuvo un mapa de distribución de pozos (Figura 1) a partir de la lista de pozos del acuífero de La Paz y del estado de B.C.S. con las características en que se encuentran.

Se realizó el muestreo de 61 pozos de agua para análisis insitu en una cubeta (temperatura, sólidos totales disueltos, sales, oxígeno disuelto y pH); se midió la profundidad al espejo del agua (en su mayoría el nivel dinámico) de 25 pozos: y se colectaron 61 muestras de 1000 ml para análisis de metales pesados. Normalmente en los acuíferos la temperatura del agua es afectada por la temperatura ambiente de la superficie del terreno, aunque a determinada profundidad existe una zona neutra. La variación de temperatura con la profundidad por abajo de esta zona suele ser de

3ºC por cada 100 m. En cualquier caso, la temperatura del agua subterránea es muy poco variable, pero es un parámetro importante en lo que se refiere al control de la química del agua, en particular cuando en zonas diferentes del acuífero existen notables diferencias de temperatura que pueden influir en la solubilidad de sustancias como el Carbonato de Calcio ($CaCO_3$) (USGS, 1999). La distribución de la temperatura se muestra en la Figura 2. Los sólidos totales disueltos (STD) son una medida de la cantidad con de materia, sustancias, elementos y sales disueltas en el agua. Comprenden las sales inorgánicas (principalmente de calcio, magnesio, potasio y sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos) y pequeñas cantidades de materia orgánica que están disueltas en el agua. Una concentración menor que 0.6 g l^{-1} suele considerarse buena, pero una concentración alta (mayor de 1.5 g l^{-1}) se cree inaceptable debido a que genera excesivas incrustaciones en tuberías y llaves (OMS, 2006), y puede formar piedras en el riñón. Para considerar el agua como potable se ha fijado un valor máximo en la concentración de STD no mayor de 1 g l^{-1}. La distribución de los STD se muestra en la Figura 3.

La Salinidad es la concentración total de sales disueltas en el agua, principalmente elementos (cationes) como calcio, magnesio, sodio y potasio, y otros elementos (aniones) como carbonato, sulfato y cloruro. El calcio se precipita fácilmente como carbonato de calcio ($CaCO_3$), que es el principal componente de la dureza del agua y causante de incrustaciones (USGS, 1999). En general la sal más abundante en el agua es el cloruro de sodio (NaCl). Un agua de buena calidad no debe contener más de 1 g l^{-1} de sales disueltas. La distribución de sales se muestra en la Figura 4. El oxígeno disuelto (OD), por su carácter oxidante juega un papel importante en la solubilidad o precipitación de iones en el agua. Su presencia en el agua es vital para la mayoría de los microorganismos, su ausencia puede representar la formación de metano, ácido sulfhídrico y otros gases no deseables que son corrosivos. La mayoría de las aguas subterráneas contienen entre 0 a .005 g l^{-1} de oxígeno disuelto, frecuentemente por debajo de .002 g l^{-1}. La distribución de oxígeno disuelto se muestra en la Figura 5. El pH es la medida de concentración de iones hidrógeno en el agua, esto es, la acidez o alcalinidad. Se mide en una escala de 0 a 14 unidades. Un pH de 7 indica un agua neutra. Debajo de 7 es ácida, arriba de 7 es básica o alcalina. Una unidad de diferencia representa 10 veces la concentración de iones hidrógeno, por ejemplo, agua con pH de 6 tiene 10 veces más iones hidrógeno que una de pH 7. El pH juega un papel importante en muchos procesos químicos y biológicos del agua subterránea (USGS, 1999). La distribución del pH se muestra en la Figura 6.

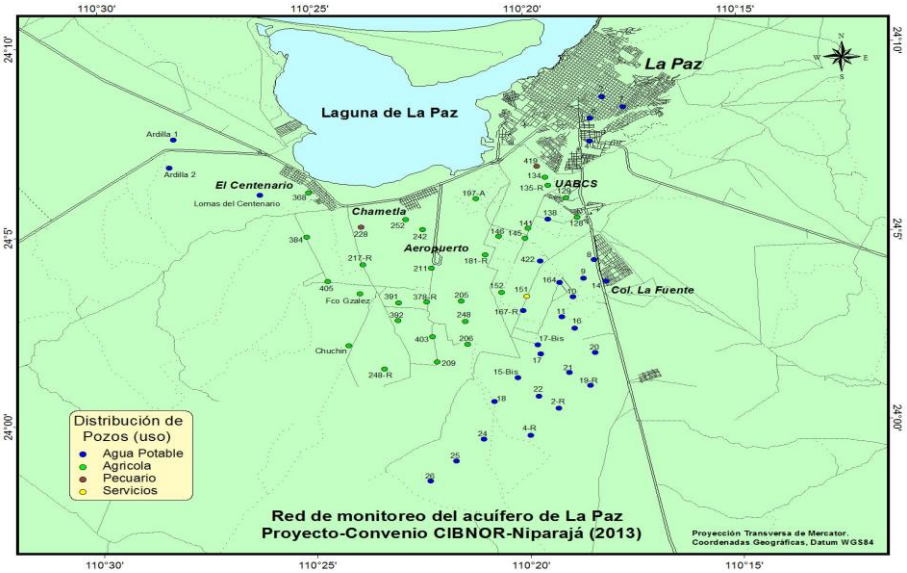


Figura 1. Red de monitoreo de pozos del acuífero de La Paz.

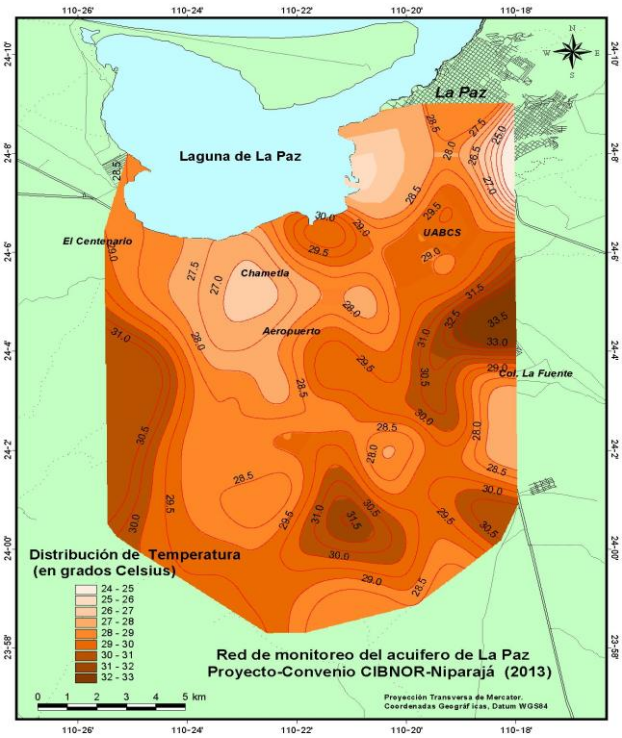


Figura 2. Distribución temperatura.

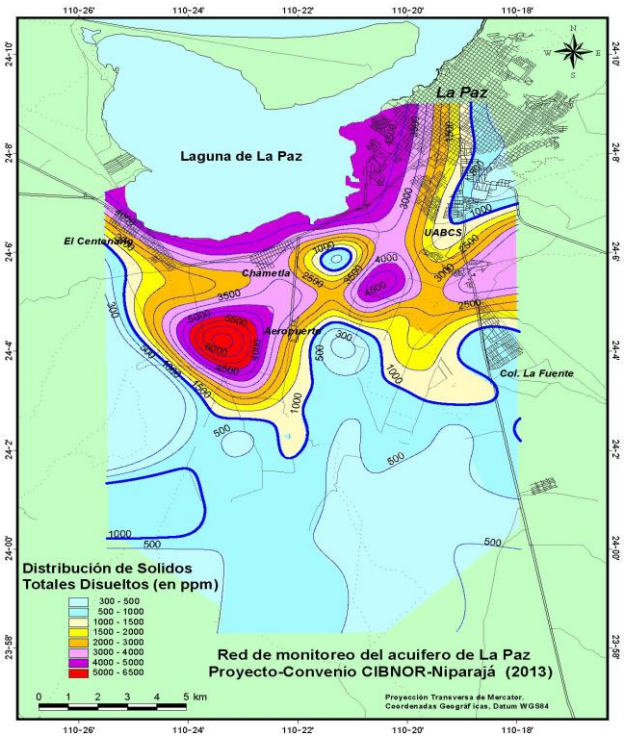


Figura 3. Distribución de STD.

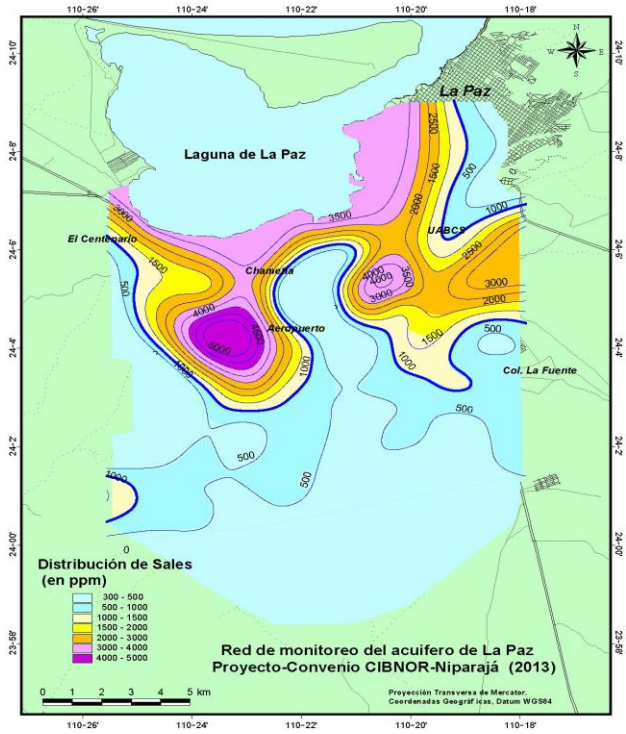


Figura 4. Distribución de sales.

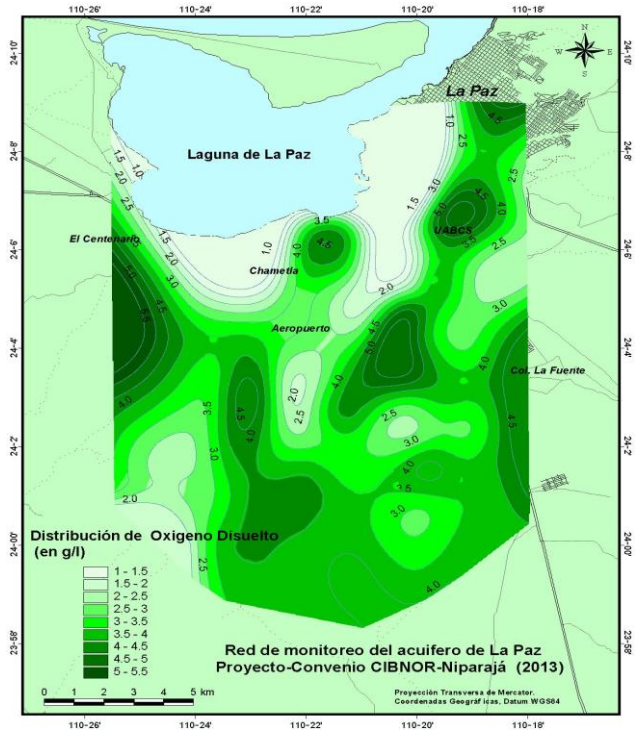


Figura 5. Distribución de OD.

La distribución de STD y sales con valores de 0.5 a 6 g l^{-1} y 0.3 a 5 g l^{-1} respectivamente, muestran dos zonas afectadas por intrusión marina, una aproximadamente a 6 km de la costa, al sur, entre los ejidos Chametla y El Centenario; y otra al este a 5.5 km de la costa, al sureste del

ejido Chametla y cerca de la Universidad, lo cual se debe a un excesivo bombeo de algunos pozos agrícolas. De 30 pozos de uso público-urbano que abastecen a la ciudad, solo cinco presentan concentraciones de sales por arriba de 1 g L^{-1}, lo cual se atribuye a una continua recarga de la zona donde se localiza la batería de pozos. La distribución de temperatura, oxígeno disuelto y pH, con valores altos, coincide aproximadamente con las zonas de menor concentración de sales y viceversa. A partir de la profundidad al nivel dinámico (Figura 7) se calcula la elevación del nivel referida al nmm, lo que permite localizar las zonas más explotadas y determinar la dirección de flujo subterráneo.. La concentración y distribución de metaloides como el As y metales como mercurio, plomo, manganeso, cadmio, cobre y níquel, en el agua de pozo, están en proceso de análisis,.

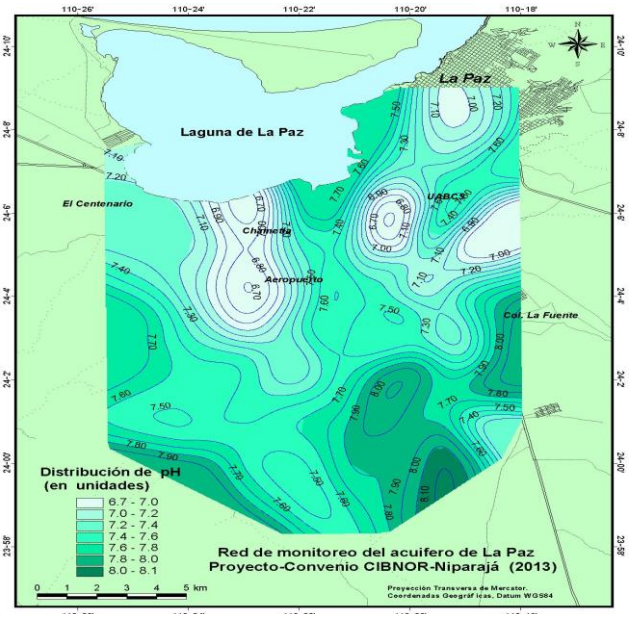


Figura 6. Distribución de pH.

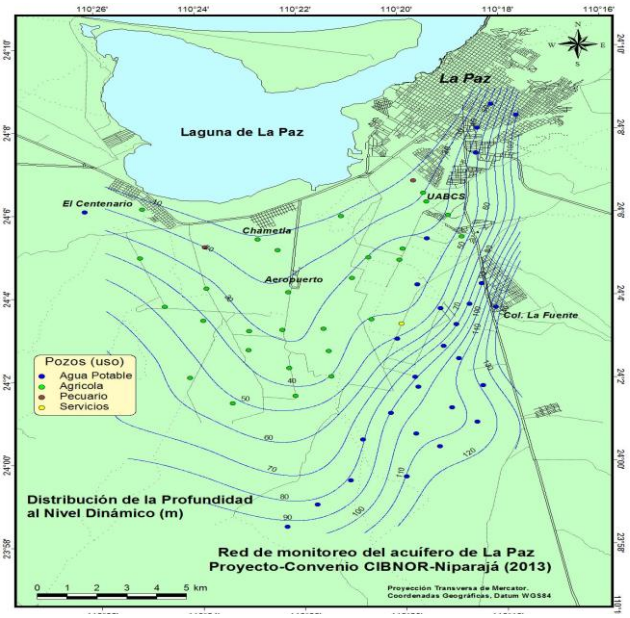


Figura 7. Contornos de profundidad al ND.

Agradecimientos

A la Sociedad de Historia Natural Niparajá, por el apoyo a través del convenio con CIBNOR, del proyecto ‘Niparajá - Monitoreo de Pozos del acuífero de La Paz’ (2013).

Bibliografía

Carrillo-Chavez A., 1996. Environmental geochemistry of the San Antonio-El Triunfo mining area, southernmost Baja California Peninsula Mexico. Ph. D. Thesis. Department of Geology and Geophysics, University of Wyoming, Laramie, Wyoming, USA, 186 p.

Cruz-Falcón A., Ramírez-Hernández J., Vázquez-González R., Nava-Sánchez E.H., Troyo D.E., y Fraga-Palomino H.C. 2013. Estimación de la recarga y balance hidrológico del acuífero de La Paz, BCS, México. Universidad y Ciencia, 29(1): 87-100, 2013.

Organización Mundial de la Salud (OMS) 2006. Guías para la calidad del agua potable [recurso electrónico]: incluye el primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. Tercera edición. 398 p.

Perevochtchikova, M. 2012. Diálogos sobre el derecho humano al acceso al agua. Video del IMTA (Internet: UNESCO Dra. María Perevochtchikova.htm). Sala Alfonso Reyes del Colegio de México. México, D.F. Noviembre de 2012.

U.S. Geological Survey (USGS), 1999. Ground Water. U.S. Geological Survey General Interest Publication. Quality of Ground Water. Reston, Virginia, revisión de1999. (en internet: http://pubs.usgs.gov/gip/gw/index.html).

EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA MONTE-CALDERA EN SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

Loredo Osti, C.1*; Beltrán López, S.1; Duéñez Alanís, J.2; Lara Mireles, J.L1; Rodríguez Rivera, J. P.3; Santos Díaz R. E.1; Posadas Leal C.1

[1] **Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UASLP. San Luis Potosí, S. L. P., México**
[2] **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coah. México**
[3] **Alumno tesista de la carrera Ing. Agrónomo Zootecnista, UASLP.**

*Autor responsable: catarina.loredo@uaslp.mx; Km. 14.5 Carr. San Luis Potosí-Matehuala; Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P., México. Apdo. Postal 32, CP. 78321; Tel.: +52 (444) 852 40 56 al 60 Ext. 1139

Resumen

Los programas de manejo del suelo y agua con enfoque de microcuenca son necesarios para el manejo sostenible de los recursos. En este trabajo se caracterizaron los recursos de la microcuenca semiárida Monte Caldera, San Luis Potosí, México. Con el apoyo de un SIG y el modelo de predicción de pérdidas de suelo USLE se estimó el riesgo a la erosión hídrica, considerando cinco categorías: sin riesgo de erosión aparente, riesgo de erosión ligera, moderada, alta y muy alta. Se generó una base de datos y se analizó la tecnología disponible para el manejo de los recursos. Actualmente, con la participación de varias instituciones, se cuenta con 240 ha rehabilitadas. Después de cinco años de inicio de obras, se evaluó el impacto de las medidas de conservación, mediante pruebas de simulación de lluvia con una tasa de aplicación de 14.7 cm hr^{-1} durante 30 minutos. La producción de sedimentos fue menor en el sitio restaurado (12.4 kg ha^{-1}) comparada con 19.9 kg ha^{-1} del sitio sin restaurar. La lámina de agua infiltrada acumulada en el sitio restaurado fue de 10.8 cm y fue mayor ($\alpha \leq 0.05$) que la infiltrada en el sitio sin restaurar (4.03 cm). La producción de biomasa fue de 3.9 t ha^{-1} en el sitio con manejo y 2.5 t ha^{-1} donde no hubo obras de conservación y presentó diferencias entre tratamientos ($P>0.05$). Las acciones de restauración realizadas han favorecido la infiltración del agua en el suelo, reducido la erosión hídrica e incrementado la producción de biomasa.

Palabras clave: Riesgo de erosión; microcuenca; producción de sedimentos.

Introducción

En México, la capacidad productiva de los ecosistemas se está perdiendo en forma considerable debido a la sobreutilización de los recursos. Los agostaderos son los ecosistemas que más se han deteriorado, ya que el sobrepastoreo ha dañado a más de 60 millones de hectáreas (Ortiz *et al.,* 1994). En segundo lugar de daño se encuentran las áreas forestales y en tercer lugar la agricultura de temporal, en la cual se han identificado 21 millones de hectáreas con problemas de erosión hídrica y eólica en un 70%. La degradación de los recursos por erosión, origina pérdidas de suelo, disminución de la productividad e incapacidad del sistema para recuperarse en forma natural en un lapso de tiempo razonable. En San Luis Potosí, las zonas áridas y semiáridas ocupan 77% de la superficie estatal. La ganadería extensiva representa el principal uso del suelo y la producción de forraje en pastizales o praderas inducidas, es muy limitada. La sobreutilización de la cubierta vegetal es generalizada, lo cual ha originado procesos de degradación de los recursos, tales como disminución y pérdida de la vegetación más deseable, incremento en la vegetación no aprovechable, pérdida de germoplasma, reducción de la capacidad de infiltración y en la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, degradación de la cubierta vegetal, compactación y erosión del suelo (Loredo y Beltrán, 2005). Los procesos erosivos, no son de carácter local, sino más bien regional, de acuerdo a los principios que regulan las cuencas hidrográficas (Brooks *et al*., 1991).

Una cuenca hidrológica es un espacio físico delimitado por un parteaguas donde concurren factores ecológicos, climatológicos, hidrológicos, sociales, económicos, culturales, etc. que se interrelacionan entre sí, dando a cada cuenca su propia dinámica. Por su carácter regional, pueden ser utilizadas como unidades de planeación. La microcuenca es una parte de la cuenca y por su carácter local, se considera la unidad de programación de acciones, con la participación activa de los productores, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones (CIAT, 1999). El procedimiento básico para controlar la erosión a nivel regional, consiste en llevar a cabo la clasificación y evaluación de tierras, seleccionar un sistema de uso adecuado y, en caso necesario, diseñar medidas de conservación (Kirkby y Morgan, 1984).

El Programa Nacional de Microcuencas que instrumentó la SAGARPA, describe a la microcuenca como la unidad básica de atención de proyectos de conservación de suelo y agua, así como de desarrollo comunitario. Sus principios son atender, entender y respetar la problemática, necesidades, demandas, objetivos y decisiones comunitarias, buscando corresponsabilizar y transferir medios y funciones a organizaciones comunitarias. Además de rehabilitar, conservar, proteger y aprovechar los recursos naturales, uno de sus objetivos fundamentales es impulsar procesos de planeación y acción participativa, para lo cual establece como estrategia principal la elaboración del Plan Rector de Producción y Conservación (Candia, 2004). Con base en lo anterior, el Programa de Microcuencas en San Luis Potosí, desde el año 2002 define a la microcuenca, como una unidad de planificación para los servicios integrados de las instituciones del sector, con énfasis en el desarrollo de acciones tendientes al ordenamiento territorial.

La microcuenca Monte Caldera localizada entre las siguientes coordenadas 22º 06’ 44’’ y 22° 16’ 8’’ L N y 100º 42’ 12’’ y 100° 54’ 36’’ LW, con altura media sobre el nivel del mar de 2040 metros, ha sufrido fuertes cambios en el uso del suelo desde el año 1592 cuando se descubrieron las minas del Potosí en Cerro de San Pedro, S. L. P. Además de la trascendencia histórica, actualmente esa zona forma parte de la cuenca San José-los Pilares, que abastece de agua a los habitantes de la capital potosina. La ganadería extensiva es el principal uso del suelo; la deforestación y el sobrepastoreo se han identificado como las causas principales de degradación. El clima es seco estepario templado, con una temperatura media anual de 17 grados centígrados y precipitación media anual: 304.5 mm.

Los objetivos de esta investigación fueron: caracterizar el suelo, vegetación y uso potencial de la microcuenca Monte Caldera; estimar el riesgo potencial a la erosión hídrica; y evaluar el impacto de las acciones de restauración del suelo.

Materiales y Métodos

El proceso consistió en delimitar la microcuenca y obtener mapas temáticos sobre fisiografía, edafología, uso actual y uso potencial del suelo tomando como base cartografía de INEGI y el modelo de elevación digital escala 1:50000 (INEGI, 1978; 2005), usando el software ARC/INFO™ estación de trabajo y ARCVIEW™; obteniendo las bases de datos de cada tema.

Para la predicción de riesgo a la erosión, se realizaron superposiciones de las diferentes capas, obteniendo un mapa final de riesgo potencial a la erosión hídrica, con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica y el modelo de predicción de pérdidas de suelo USLE (Wischmeier y Smith, 1978), de acuerdo a cinco categorías: sin riesgo de erosión aparente (pérdidas de suelo menores a 2.2 t ha^{-1} $año^{-1}$), riesgo de erosión ligera (2.2-10 t ha^{-1}), moderada (10-50 t ha^{-1}), alta (50-200 t ha^{-1}) y, muy alta (>200 t ha^{-1}). La erosividad de la lluvia se obtuvo, mediante la ecuación propuesta por Cortés (Figueroa *et al.,* 1991). correspondiente a la Región IV: $Y=2.89594x+0.002983x^2$, donde “Y” corresponde al índice de erosividad y “x” representa la precipitación media anual. Con recursos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos (SEDARH), la Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la participación entusiasta de los productores se recuperaron 240 hectáreas de pastizal natural, en las cuales se levantaron bordos a nivel a una distancia entre bordos (Intervalo horizontal) de 24 m; se realizó una exclusión de ganado de dos años para permitir la recuperación del pastizal. A cinco años de iniciadas las obras se realizaron estimaciones de infiltración, escurrimiento y producción de

sedimentos. Se contó con dos sitios de prueba: el sitio uno con obras de restauración del suelo y exclusión (con cuatro repeticiones) y el sitio dos con apacentamiento continuo, con control de carga animal (seis repeticiones) (Figura 1).

Para analizar la información se usó un diseño completamente al azar con diferente número de repeticiones. Se evaluó la producción de biomasa utilizando parcelas de 35 x 35 cm y se cortó la vegetación existente dentro de la parcela; se determinó la densidad aparente del suelo, para lo cual se utilizó un extractor de núcleos inalterados; la lámina infiltrada, lámina escurrida y producción total de sedimentos fueron evaluadas.

Se utilizaron dos simuladores de lluvia de tipo aspersor, los cuales fueron facilitados por el departamento de recursos naturales de la UAAAN (Duéñez, 1993) de acuerdo al modelo propuesto por Wilcox *et al.,* (1986), el cual simula la lluvia natural en un 36%, es portátil, con área de evaluación de 0.1225 m^2, trabaja bien en pendientes fuertes y planicies; la lluvia es aplicada a una altura de 1.55 m, consta de 2 pluviómetros y un infiltrómetro metálico cuadrangular de dimensiones conocidas (35 x 35 cm) con salida de escurrimientos hacia un colector para estimar el volumen escurrido una vez que se ha producido el mismo. La estructura se enterró a una profundidad de cinco centímetros y sobre ella se colocó el simulador, cuidando que la boquilla del aspersor coincidiera con el centro de la parcela. Los pluviómetros se colocaron en las esquinas opuestas de la parcela o cuadrante. Antes de proceder a la colocación del simulador se realizó una excavación para colocar un recipiente colector de donde, al principio se cuantificó el tiempo que tardó en escurrir el agua y posteriormente el escurrimiento generado cada 5 minutos durante un periodo de 30 minutos de simulación.

Se realizaron estimaciones de infiltración, escurrimiento y producción de sedimentos. La tasa de aplicación de la lluvia fue de 14.7 cm h^{-1}. Para establecer los sitios y los tratamientos del presente estudio, se buscó en lo posible que los dos sitios contaran con la misma posición fisiográfica y con características de suelo y pendientes similares para estimar solo el efecto de la cobertura vegetal y las prácticas mecánicas sobre la pérdida de suelo.

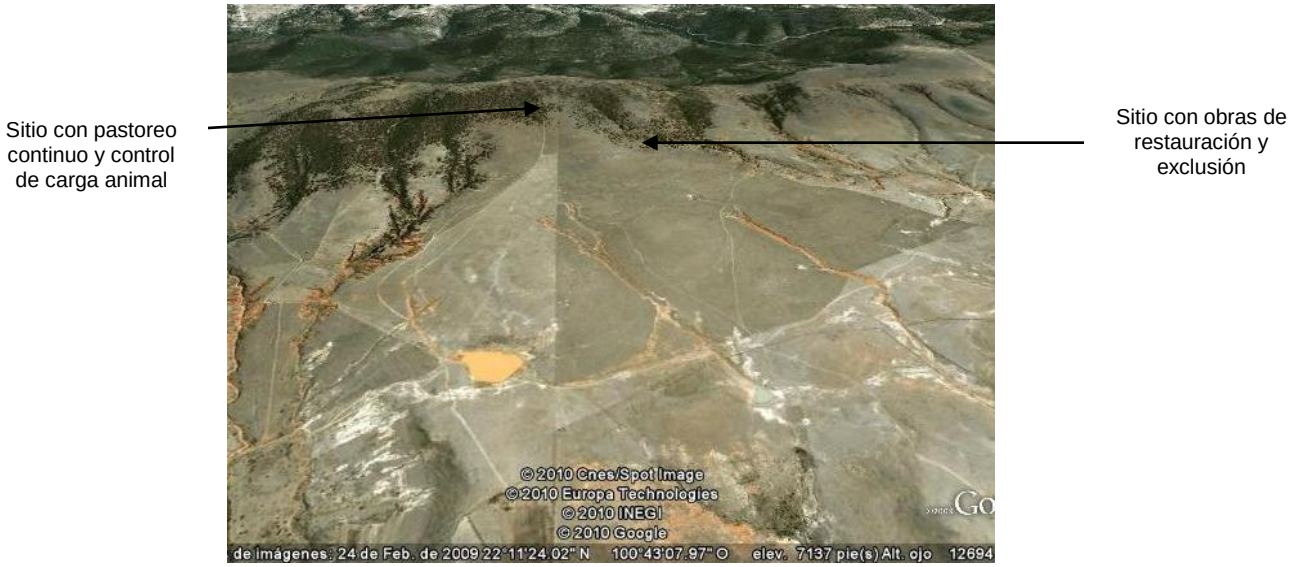


Figura 1. Sitios de muestreo en Monte Caldera

Resultados y Discusión

Con relación a la caracterización de los recursos, se observó que el tipo de suelo dominante en la microcuenca es del tipo litosol (58%), suelos feozem ocupan 16%, xerosoles: 17.5%, castanozem: 0.5% y 7.5% corresponde a suelos erosionados totalmente. En el uso actual del suelo la mayor

parte de la superficie está destinada a la ganadería, lo cual coincide con la clasificación de tierras por capacidad de uso, donde se observa que el 57% del terreno está ocupado por las clases V-VII. En la estimación del riesgo a la erosión hídrica, 4,547 ha presentan erosión potencial ligera, 4,869.4 ha erosión moderada, 3,231.4 ha erosión alta, y en 724.5 ha la erosión potencial estimada fue muy alta. La erosión hídrica actual promedio de la microcuenca al momento de iniciar las obras fue de 53.65 t ha^{-1} $año^{-1}$. Las propuestas de manejo que se han realizado en 240 ha restauradas, incluyen mantener y favorecer el desarrollo de la cobertura vegetal a través del control de la carga animal, así como la construcción de bordos a nivel.

Los resultados de las pruebas de simulación de lluvia para evaluar pérdida de suelo, indican que en el sitio rehabilitado con prácticas mecánicas y exclusión de ganado la producción de sedimentos fue de 22.34 kg ha^{-1} comparado con 15.23 kg ha^{-1}que se erosionan en el sitio rehabilitado y que dicha producción tuvo una relación negativa con la lámina infiltrada con un coeficiente de determinación de 0.8496 (Figura 2). Con relación a otras propiedades físicas del suelo, en el sitio rehabilitado se redujo la densidad aparente a 1.07 g cm^{-3}, comparada con 1.31 gr cm^{-3} del sitio sin rehabilitar. La producción de materia seca también se incrementó de 2.4 t ha^{-1} en el sitio sin rehabilitar a 3.9 t ha^{-1} en el rehabilitado.

Conclusiones

Las acciones de restauración realizadas han favorecido la infiltración del agua en el suelo, reducido la erosión hídrica e incrementado la producción de biomasa.

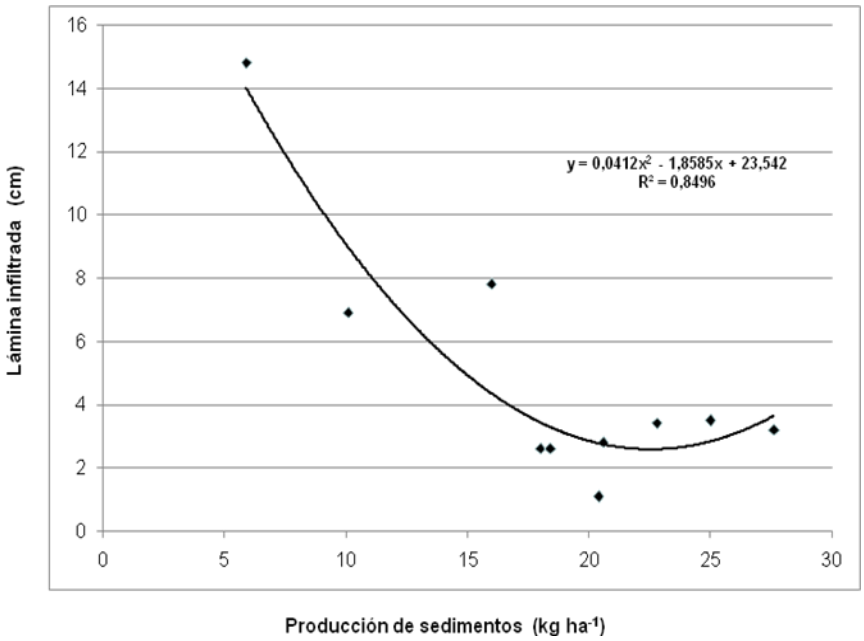


Figura 2. Relación entre la lámina infiltrada y la producción de sedimentos

Agradecimientos

Al programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP) por los recursos otorgados para la realización de este estudio en el marco del Convenio PROMEP/103.5/10/7750 (UASLP-PTC-258).

Bibliografía

Brooks, K. N., P. Ffolliot, F., H. Gregersen M. and J.Thames L. 1991. Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press/Ames. 392 p

Candia C. U. 2004. Promoción para la organización de productores. Memorias del Curso-Taller "Manejo Integrado de recursos con Enfoque de Microcuenca". Junio de 2004. San Luis Potosí, S.L.P.

CIAT. 1999. Nueve instrumentos para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. Guía 1.

Dueñez A., J. 1993. Impacto de la erosión múltiple sobre la infiltrabilidad y la erosión de la Cuenca "Paso de Piedra" Durango. Tesis de maestría. UAAAN. Pp 31-35. Saltillo, Coah. México.

Figueroa, S. B., A. Amante O., H. G. Cortés T., J. Pimentel L., E.S.Osuna C., Rodríguez O. J. M. y Morales F. F. J. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH. Colegio de Postgraduados. Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas. 150 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2003. Modelo de elevación digital, escala 1:50000 (diversas cartas).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1978. Carta F14A84 edafológica 1:50 000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1978. Carta F14A84 uso del suelo 1:50 000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1978. Carta F14A84 uso potencial escala1:50 000.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005. Guía para la interpretación de cartografía: edafología. México. 28 p.

Kirkby, M. J. y R. P. C. Morgan. 1984. Erosión de Suelos. Ed. Limusa. México. 375 p

Loredo, Catarina y Beltrán Sergio. 2005. Prácticas Agronómicas y Vegetativas. In: Prácticas Cara la Conservación de Suelo y Agua en Zonas Áridas y Semiáridas. Campo experimental San Luis-CIRNE-INIFAP. Libro técnico Nº 1, pp 39-77.

Ortiz, María de la Luz, Anaya Manuel y Estrada W. Juan. 1994. Evaluación cartográfica y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Publicación técnica. Colegio de Postgraduados. México. 49 p.

Wilcox, B. P., M. K. Wood, J. T. Tromble y T. J. Ward. 1986. A Hand-portable, Single Nozzle Rainfall Simulator Designed for use on Steep Slopes. J. Range Manage. 39 m(4): 375-377.

Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. Predicting Rainfall Erosion Losses-a Quide to Conservaction Planning-USDA; Agriculture Handbook 537. Sci. and Educ. Admin. USDA Washington, D.D. 1978. 58 p

EL MANEJO INTEGRADO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO DE LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR

Meza Trejo, J. L.[1*]; Navarro Lozano, J. O.[1]; Cruz Falcón, A.[2]; De la Toba Lucero, M. S.[1]

[1]**Dirección Local de la Comisión Nacional del Agua en Baja California Sur. Chiapas 2535, Los Olivos, La Paz, B.C.S.**

[2]**Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. Instituto Politécnico Nacional 195, Playa Sta Rita, La Paz, B.C.S.**

[*]Autor responsable: jose.meza@conagua.gob.mx. Dirección Local de la Comisión Nacional del Agua en Baja California Sur.

Resumen

El acuífero de La Paz presenta déficit en su disponibilidad y deterioro de su calidad de agua, causado por las extracciones, que rebasan la tasa de recarga natural. A partir del año 2000, la demanda por agua potable se incrementa ante la construcción de nuevos fraccionamientos habitacionales, por lo que la demanda ha superado a la oferta de nuevos volúmenes de aguas. Debido a lo anterior, se formula la propuesta de construir una planta desalinizadora que se analiza paralelamente con la eficiencia con la que debe operar la Red de Distribución de Agua Potable y la de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales. Para la solución de la problemática del acuífero es necesario implementar un Plan de Manejo Integrado de las Aguas Subterráneas, considerando cuatro criterios: (1) proyectos específicos del OOMSAPAS, La Paz, B.C.S., para lograr operar una eficiente red de distribución de agua, (2) continuar con el programa de Intercambio de aguas tratadas con la reducción de volúmenes de aguas subterráneas en pozos para uso agrícola que presentan alta salinidad, (3) promover la construcción de obras para impulsar la recarga artificial al acuífero, y (4) la implementación y promoción de tecnologías para la desalinización de agua marina. Dichos criterios se proponen realizar conforme a diferentes escenarios, que incluyen el incremento poblacional, la incidencia de sequías extremas consecuentes de una precipitación muy baja o nula, aumento de la salinidad del agua subterránea con contaminación progresiva de posos tierra adentro, abatimiento del nivel estático del agua subterránea y otros.

Palabras clave: Acuífero de La Paz B.C.S.; plan de manejo; escenarios de disponibilidad hídrica

Introducción

La Paz, capital del estado de Baja California Sur, demanda cada día mayores volúmenes de agua por su crecimiento urbano, lo cual solo puede ser sustentado a través de la extracción de aguas subterráneas desde su acuífero, que ya presenta déficit en su disponibilidad y deterioro de su calidad de agua, dentro de la franja de los primeros ocho kilómetros de la línea de costa hacia tierra adentro, por el proceso de intrusión marina generado principalmente por las extracciones para uso agrícola y público urbano.

Por tal motivo desde los años ´80, la extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos inicio el fortalecimiento de sus inversiones en infraestructura de tratamiento de agua residuales conjuntamente con el gobierno del estado y lo que ha permitido intercambiar estas aguas residuales provenientes de la ciudad por aquellos volúmenes que venían siendo extraídos por el sector agrícola y posteriormente con la construcción de la Planta de Tratamiento en los años ´90, se establece un convenio con el Organismo Operador Municipal del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (OOMSAPAS) del Municipio de La Paz, B.C.S. para continuar con este intercambio de aguas a través de las Unidades de Riego constituidas dentro de los Ejidos de Chametla y Centenario, para obtener su título de concesión por aguas residuales tratadas ya con el

compromiso histórico de que estos volúmenes intercambiados por la reducción a la extracción de aguas subterráneas dentro del uso agrícola, siguen y seguirán siendo parte de los volúmenes demandado dentro de este manejo integrado de las aguas subterráneas.

De manera paralela se construye la Presa Buena Mujer con el objetivo de mantener un control de la avenidas extraordinarias que se presentan únicamente ante la incidencia de huracanes y con ello proteger a la población de la ciudad de La Paz, B.C.S. y reactivar la recarga artificial del acuífero dentro del área de influencia del arroyo Cajoncito, por los compromisos históricos de los sucesos con el huracán Liza en el año de 1976 y la ya avanzada intrusión marina dentro del primer cuadro de la ciudad, así mismo por ello al igual obliga establecer la infraestructura de acueductos y principalmente sobre la influencia del arroyo La Palma, de donde se sustenta todo el crecimiento urbano que se manifiesta actualmente hacia la salida al sur del estado y con ello similarmente se genero el mayor cono de abatimiento del acuífero que pone en riesgo su sustentabilidad, siendo por todo esto necesario continuar este esquema hidráulico exitoso para el nuevo reto planteado ya dentro del manejo integrado de las aguas subterráneas.

Al inicio del año 2000, la demanda por agua potable se incrementa ante la construcción de nuevas casas con el cambio del uso del suelo agrícola, pero sin perder el objetivo de continuar intercambiando sus aguas subterráneas mediante cesiones de derechos directas al OOMSAPAS, sin embargo la demanda ha superado a la oferta de nuevos volúmenes de aguas. Debido a lo anterior, se formula la propuesta de construir una planta desalinizadora que se analiza paralelamente con la eficiencia con la que debe operar la Red de Distribución de Agua Potable y la de una nueva planta de tratamiento de aguas residuales. En la actualidad, este escenario presenta una disyuntiva estratégica para establecer finalmente el manejo integrado de las aguas subterráneas y lo que permitirá dar la sustentabilidad deseada para al acuífero y como consecuencia su reglamentación especifica.

Métodos

Para enfrentar la problemática actual, se requiere necesariamente iniciar con un Plan de Manejo Integrado de las Aguas Subterráneas, lo que permitirá dar sustentabilidad al acuífero de La Paz, B.C.S. ya que conforme al impacto por el crecimiento poblacional que se ha tenido dentro de la superficie de los 1,244.2 km^2 para este acuífero, que conforme al censo de INEGI del año 1990 se cuantifican 142,494 habitantes, en el año 2000 presenta un crecimiento cuantificándose 175,874 habitantes y para el año 2010 la población se incrementa al 63% con una población por 226,523 habitantes, en donde la mayor parte la población con el 95% radica en la ciudad de La Paz, B.C.S. con 215,178 habitantes y siendo por ello la que demanda los mayor volúmenes de extracción para el consumo humano.

Para enfrentar este crecimiento poblacional el OOMSAPAS actualmente se abastece a través de 30 pozos que extraen un volumen de 23.276 millones m^3/año sin considerar las poblaciones de las localidades de Chametla con 2,178 habitantes y la de El Centenario con 4,696 habitantes, así mismo el sector agrícola con 60 pozos extrae un volumen de 12.667 millones m3/año, el pecuario y doméstico con 175 pozos extraen 0.488 millones m^3/año , el industrial con 3 pozos un volumen por 0.297 millones m^3/año y el de servicio con 5 pozos un volumen de 0.221 millones m3/año, por lo que suman 273 pozos a controlar dentro del acuífero de La Paz, B.C.S. con un volumen total de extracción por 36.949 millones m3/año, independientemente de que el mayor número de pozos se presente dentro del uso pecuario y domestico al igual que los usos industrial y de servicio, estos extraen aproximadamente solo el 3% de la extracción total, por tanto el uso público urbano y agrícola que extraen el 97% de la extracción total es posible continuar con el programa de intercambio de aguas residuales tratadas.

Así mismo, para lograr alcanzar la estabilización del manto acuífero es necesario reconsiderar la disponibilidad media anual publicada en el Diario Oficial de la Federación el día 28 de agosto del 2009 para el acuífero de La Paz, B.C.S. que es de -2.586662 millones m^3/año, estimándose una recarga promedio anual de 27.8 millones m^3/año, una descarga natural comprometida de 0.0 millones m^3/año y un volumen concesionado por 30.386662 millones m^3/año, ya que

independientemente al valor concesionado dentro de dicha publicación, el volumen de extracción dentro del estudio para el manejo integrado resulta aproximadamente por 36.95 millones m^3/año, por ello se plantea que para nulificar el déficit real de la disponibilidad de aguas subterráneas se alcance con los -9.15 millones m^3/año que dan como resultado al considerar dicha extracción real.

Análisis de la Información

Para alcanzar la estabilización del manto acuífero se realiza un análisis cuantitativo de la distribución de la extracción dentro del acuífero, realizándose para ello una zonificación de la infraestructura de pozos, considerándose la subdivisión natural existentes en las subcuencas definidas para La Paz y El Datilar, para incorporar posteriormente dentro de las mismas, las micro-cuencas que se definen de manera conjunta con el INEGI (Cuadro 1).

Cuadro 1. Atributos de las microcuencas en el acuífero de La Paz BCS.

MICRO-CUENCA	AREA Km^2	AREA %	P. URBANO		AGRÍCOLA		PEC-DOM		INDUSTRIAL, SERVICIO Y COMERCIAL		**TOTAL**	
			No.	Vol.	No.	Vol.	No.	Vol.	No.	Vol.	**No.**	**Vol.**
SUBCUENCA LA PAZ												
PALMILLA PUNTA PRIETA	15.60	1.25	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	**0**	**0.00**
EL CAJONCITO	170.20	13.68	4	3,374,352.00	0	0.00	7	15,250.00	3	299,947.00	**14**	**3,689,549.00**
LA HUERTA	119.70	9.62	6	4,423,870.08	19	4,018,100.30	16	123,219.00	1	0	**42**	**8,565,189.38**
LA PALMA	276.50	22.22	15	13,139,789.76	17	5,035,623.80	38	74,660.00	3	170,264.50	**73**	**18,420,338.06**
SUBCUENCA EL DATILAR												
EL NOVILLO	662.20	53.22	5	2,338,222.20	24	3,613,072.30	114	275,189.00	1	48,440.00	**144**	**6,274,923.50**
TOTAL	**1,244.20**	**100.00**	**30**	**23,276,234.04**	**60**	**12,666,796.40**	**175**	**488,318.00**	**8**	**518,651.50**	**273**	**36,949,999.94**

La micro-cuenca de La Palma es de donde actualmente se extraen los mayores volúmenes de aguas subterráneas aproximadamente en 18.42 millones m^3/año que significan el 50 % de la extracción total del acuífero, donde aproximadamente el 36% de dicha extracción y el 50% de los pozos son los que actualmente opera el OOMSAPAS

La zonificación estimada permite delimitar el problema de sobreexplotación por la intrusión marina que presenta actualmente el acuífero de La Paz, B.C.S., conforme al déficit de -9.15 millones m^3/año que resultan de extraer los 36.95 millones m^3/año con costo al rendimiento permanente del acuífero (Cuadro 2).

Cuadro 2. Extracciones y déficit en microcuencas del acuífero de La Paz BCS.

SUBCUENCA	**MICROCUENCA**		**AREA Km^2**	**Rt** m^3/año	**EXTRACCIÓN** m^3/año	**DEFICIT** m^3/año
LA PAZ	1	PALMILLA-PUNTA PRIETA	15.60	0.0	0	0
	2	EL CAJONCITO	170.21	2.0	3.70	-1.70
	3	LA HUERTA	119.71	7.20	8.56	-1.36
	4	LA PALMA	276.51	16.28	18.42	-2.14
EL DATILAR	5	EL NOVILLO	662.18	2.32	6.27	-3.95
		TOTAL	**1,244.21**	**27.80**	**36.95**	**-9.15**

Propuestas

Para la solución de la problemática existente dentro del acuífero se considera necesario implementar un Plan de Manejo Integrado de las Aguas Subterráneas, considerando cuatro criterios a implementarse:

1. Proyectos específicos del OOMSAPAS, La Paz, B.C.S., para lograr operar una eficiente red de distribución de agua potable.
2. Continuar con el programa del Intercambio de aguas tratadas con la reducción de los volúmenes de aguas subterráneas dentro de pozos de uso agrícola que presentan una alta salinidad.
3. Promover la construcción de obras para impulsar la recarga artificial al acuífero.
4. La implementación y promoción de las tecnologías para la desalinización de agua marina.

Los criterios se propone realizar conforme al orden de los siguientes escenarios (Cuadro 3):

Cuadro 3. Título del cuadro…..

ESCENARIOS		
Reducción de volúmenes dentro de los pozos de uso agrícola que presentan una alta salinidad.	110,000 m^3/año	Anualmente
Proyectos específicos del OOMSAPAS, La Paz, B.C.S. para Incrementar la eficiencia de la red de de distribución de agua potable	En el 2.50% de la extracción del uso público urbano	por trienio de autoridad municipal
Implementación de las obras de recarga artificial al acuífero	En el 6% de la recarga total	
La Desalación y promoción de las tecnologías para la desalinización de agua marina.	En el 56% de la recarga total	

Conclusiones

Estos escenarios planteados son de vital importancia, porque de no implementarse en lo inmediato los conflictos por el agua en el acuífero se continuara agudizando mayormente, por la mezcla del agua dulce con agua de mar ya que al rebasar el límite del rendimiento natural disponible para la extracción, el agua marina pasa a ocupar los espacios fluyendo hacia tierra adentro provocando la intrusión marina.

Por lo anterior, resulta de suma importancia continuar con el intercambio de aguas residuales para lograr la reducción de los volúmenes de aguas subterráneas dentro de los pozos de uso agrícola cuya concentración de sólidos totales disueltos (STD) son superiores a los 1500 ppm, definiendo dicho valor el umbral de sostenibilidad. De manera paralela a dicho intercambio, el OOMSAPAS La Paz, B.C.S. deberá impulsar sus proyectos específicos para incrementar la eficiencia de la Red de Distribución de agua potable al 2.5% cada tres años ya que con esto se prevé también una disminución del volumen de extracción dentro de sus pozos que opera actualmente de 23.276 millones m^3/año a 15.705 m^3/año después realizar la acumulación porcentual planteada cada trienio hasta los 15 años alcanzando a reducir su volumen de extracción conforme a dicha eficiencia alcanzada acumulativamente por 7.571 millones m^3/año, lo que corresponde al valor aproximado de las fugas o pérdidas en el sistema.

Es relevante continuar con el esquema hidráulico exitoso, para el control de las avenidas extraordinarias que permitan incrementar la recarga del acuífero de manera artificial dentro de la micro cuenca de La Palma que es donde se presentan las mayores precipitaciones por arriba de la lluvia promedio anual de 260 mm/año y donde actualmente se extraen los mayores volúmenes para el uso público urbano construyendo para ello 6 embalses que permitan infiltrar un volumen de 278,000 m^3/año cada uno para mitigar el déficit alcanzado por los -2.14 millones m^3/año, que están presentes actualmente dentro de esta zona del acuífero en donde se presenta el mayor cono de abatimiento que permite el avance de la cuña marina hacia tierra adentro, provocando la salinización de pozos hasta una distancia de 10 km. De la línea de costa como consecuencia del excesivo bombeo. Paralelamente se deberán desarrollar infraestructura de conservación de agua y suelo que permitan incrementar una mayor retención de agua superficial.

La desalación y promoción de las tecnologías que permiten generar infraestructura para la desalinización de agua marina, permite ofertar un nuevo volumen de agua a través de la operación de una planta desaladora con un gasto hidráulico aprovechable por 250 l.p.s. de agua desalinizada y que actualmente se proyecta para abastecer de agua potable a la ciudad de La Paz, B.C.S.a través de una batería de 10 pozos de 56 l.p.s. Dichos pozos se ubicarían paralelamente a la línea de costa entre las localidades de Chametla y el Centenario, también con el doble objetivo de establecer una frontera hidráulica que permita proteger los pozos que actualmente opera el OOMSAPAS, La Paz, B.C.S. del avance de la intrusión marina; finalmente, se deberá concertar un reglamento especifico para el acuífero de La Paz, B.C.S.

Bibliografia

PLAN DE MANEJO PARA LA MICROCUENCA DEL RÍO PAJALTÓN, CHIAPAS: UN ENFOQUE DE RESTAURACIÓN DE CUENCAS

Miranda Martínez, M.E.1*; Torres Cedillo, L.2; Sánchez Juárez, M.3; Bonilla, C.1

[1]**Colegio Mexicano de Especialistas en Recursos Naturales, A.C., Texcoco. Estado de México, México.**
[2]**Manejo Integral de Cuencas S. A. de C.V., Texcoco. Estado de México, México.**
[3]**Comisión Nacional del Agua, México Distrito Federal, México..**

*Autor responsable: maeugenia0401@hotmail.com; Callejón de las Flores Núm. 8, Col. San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México. México. CP 56220; Tel. +52(595)-95 2 98 24

Resumen

Los planes de manejo para microcuencas diseñados con fines de lograr la restauración hidrológica ambiental mediante la implementación de prácticas de manejo del agua y preservación de suelos (MAPS) constituyen una estrategia adecuada para gestionar las medidas de protección de áreas conservadas y en riesgo de degradación, así como para la rehabilitación de áreas degradadas. Los objetivos principales del plan de manejo son: definir las líneas de acción para áreas conservadas, en riesgo y degradadas, identificar las áreas de intervención para comenzar con el proceso de restauración y seleccionar las prácticas de manejo del agua y preservación de suelos a establecer en cauces y laderas de la microcuenca.

Palabras clave: Microcuenca; Plan de Manejo; Rehabilitación; Prácticas de manejo.

Introducción

Uno de los grandes retos de la sociedad del siglo XXI es la conservación y rehabilitación de sus ecosistemas, muchos de los cuales han sido sometidos a procesos de sobrexplotación o uso inadecuado, por décadas, y en consecuencia en la actualidad se han convertido en áreas degradas o en riesgo de degradación.

Si bien, el enfoque de cuencas para generar el ordenamiento del territorio técnicamente pareciera ser el concepto más viable, a la fecha en el país son pocos los casos exitosos en los que se haya demostrado su efectividad para desarrollar un manejo integral del territorio, en el cual su población mantenga condiciones de vida dignas en un ambiente sustentable (Torres, 2012).

El presente trabajo, basado en la experiencia de trabajos realizados bajo un esquema de cuencas encaminados al ordenamiento y generación de planes de manejo, concluyendo en la formulación de propuestas que permitan articular los programas gubernamentales, las acciones de instituciones científicas y de investigación, así como la participación activa de la población local (CONAGUA, 2012).

Materiales y Métodos

La microcuenca del río Pajaltón, se localiza en la parte centro-norte del estado de Chiapas, entre las coordenadas 16°49`12” y 16°54`36” de latitud Norte; 92°31`48” y 92°36`00” de longitud Oeste. Ocupa una superficie de 4,038.05 hectáreas. Abarcando terrenos de los municipios de Chamula y Mitontic (Figura 1).

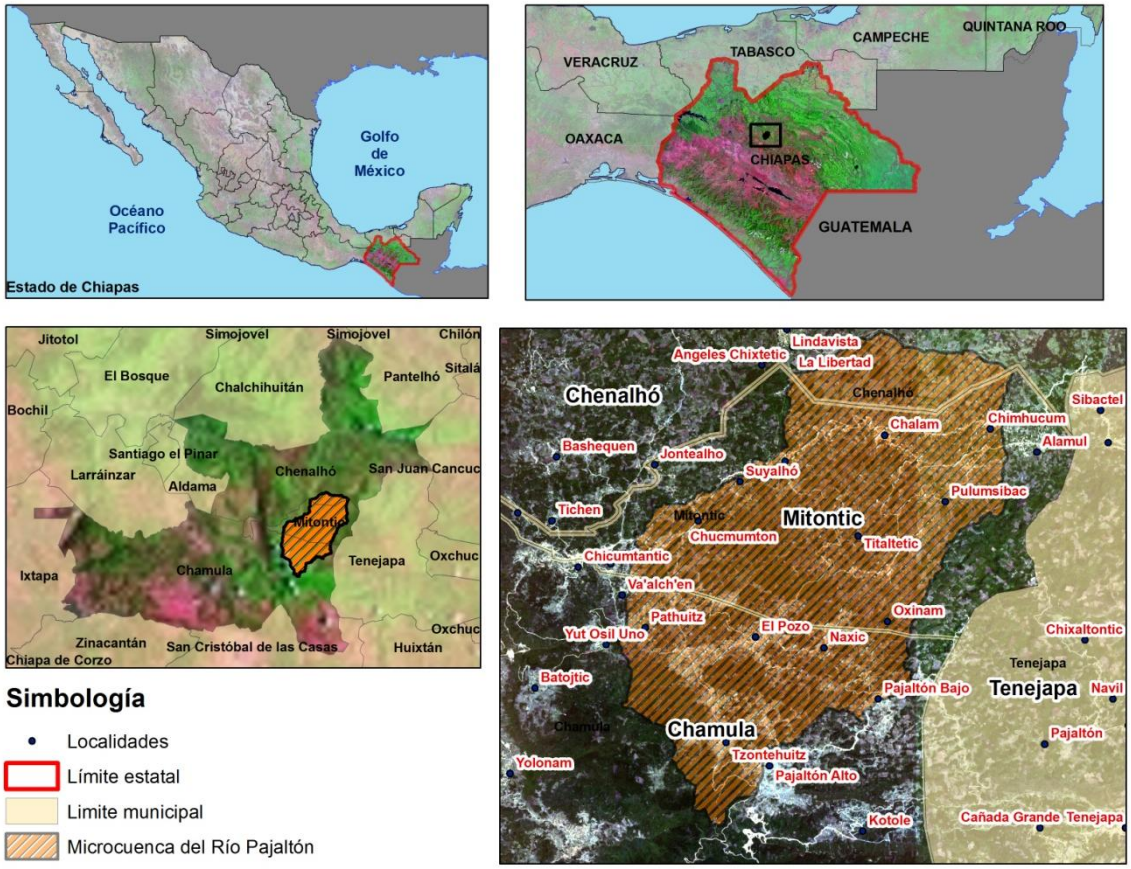


Figura 1. Ubicación política de la microcuenca del río Pajaltón.

El marco metodológico para realizar los trabajos de restauración hidrológica ambiental de cuencas considera como primer paso la elaboración de los *Diagnósticos Biofísico y Socioeconómico* con el objetivo de identificar el estado actual de los recursos naturales y del entorno, así como las condiciones socioeconómicas prevalecientes en la cuenca. Para posteriormente realizar el *Diagnóstico de Degradación de la Cuenca*, el cual se lleva a cabo mediante la aplicación de metodologías y modelos vigentes, actuales y reconocidos que permiten evaluar el proceso de erosión hídrica, la degradación de la cobertura vegetal, el cambio de uso del suelo, la producción de sedimentos y la susceptibilidad a deslizamientos.

Parte fundamental de la metodología es el *estudio Hidrológico*, que se realiza para cuantificar los componentes del ciclo hidrológico en el contexto temporal y espacial en el territorio de la cuenca, que permite evaluar el escurrimiento superficial, el escurrimiento y gasto pico, la infiltración y la producción de sedimentos espacialmente distribuidos.

El análisis de los resultados obtenidos constituyen la base para identificar la problemática específica de la degradación y sus causas y a partir de ello definir líneas de acción para la elaboración del plan de manejo (CONAGUA, 2012).

Resultados y Discusión

A partir de los estudios básicos de la microcuenca Pajaltón se identificó un área montañosa de gradiente medio a alto formadas principalmente de rocas calizas del cretácico superior, los suelos predominantes son Luvisoles y Regosoles. En cuanto a cobertura vegetal la microcuenca presenta contrastes entre áreas conservadas con vegetación de bosque mesófilo de montaña rodeadas de zonas degradadas o en riesgo utilizadas como pastizales o áreas agrícolas. Al interior del territorio

de la cuencano se encuentran estaciones climatológicas, por lo que se emplearon las bases de datos de dos estaciones cercanas Chenalhó (7033) y San Pedro Chenalhó (7149), a partir de las cuales se definió la predominancia del tipo climático C(m)(f) Templado húmedo en 85% del territorio con un intervalo de temperatura de 10 a 22 °C (mínima y máxima promedio respectivamente) y una precipitación media anual acumulada de 1,250 mm.

En cuanto a los parámetros morfométricos e hidrológicos de la cuenca los resultados de su evaluación se presentan en ell Cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros morfométricos e hidrológicos de la microcuenca Pajaltón,Chis.

CARACTERÍSTICA	PARÁMETRO	VALOR (unidad)
Generales	Área	40.38 (km^2)
	Perímetro	316.26 .(km)
	Ancho	4.55 (km)
	Longitud de la microcuenca	19.91 (km)
	Longitud del cauce principal	11.27 (km)
	Recorrido principal o longitud máxima (L_m) de la microcuenca	11.37 (km)
Forma de la cuenca	Índice o coeficiente de compacidad.	13.94(adimensional)
	Factor de forma (Rf)	0.31 (adimensional)
	Radio o relación de elongación	0.68 (adimensional)
	Radio o relación de circularidad	0.005 (adimensional)
	Rectángulo equivalente.	L1= 0.26 L2= 157.87
Relieve y altitud	Altitud media	2130 m.s.n.m.
	Pendiente media	44.80 %
	Pendiente media del cauce principal	10.26 %
	Relación del relieve	0.127 (adimensional)
Red de drenaje de la cuenca	Densidad de drenaje	2.57 $km.km^{-2}$
	Constante de estabilidad del río	0.39 $km^2 km^{-1}$
	Densidad hidrográfica	4.61
Orden de cauces y relación de bifurcación	Orden 1= 18	3.61 (adimensional)
	Orden 2= 5	1.67 (adimensional)
	Orden 3 = 3	3.00 (adimensional)
	Orden 4 = 1	

En cuanto al aspecto social la microcuenca Pajaltón se encuentra dentro de la zona Tzotzil, al interior de se encuentran asentados 12 comunidades con una población de 5,188 habitantes (INEGI, 2010). La población es predominantemente indígena cuyas lenguas dominantes son Tzotzil y Tzental y apenas 10% de la población medio hablan español. El índice de marginación en es muy alto en 10 de las 12 comunidades de la microcuenca, Su principal actividad económica es la agricultura tradicional de cultivos básicos como maíz y frijol, bajo el sistema roza-tumba y quema. Seguido de ganadería de especies menores y la explotación forestal para autoconsumo de madera y leña. La tenencia de la tierra mantiene un régimen básicamente ejidal.

Acerca de la evaluación de la degradación de la microcuenca se obtuvieron los indicadores que se presentan en el Cuadro 2 y la distribución espacial de los mismos se muestran los planos de la Figura 2.

Cuadro 2. Parámetros morfométricos e hidrológicos de la microcuenca Pajaltón, Chis.

Indicador	Clase	Superficie (ha)	Superficie (%)
Degradación de la cobertura vegetal	Conservadas	1360.49	33.69
	En riesgo a ser degradadas	915.34	22.67
	En riesgo alto a ser degradadas	1483.15	36.73
	Degradadas	279.05	6.91
Erosión hídrica ($t.ha^{-}1.año^{-1}$)	Nula (menor de 5)	2579.78	63.89
	Ligera (5 a 10)	478.31	11.85
	Moderada (10 a 50)	321.12	7.95
	Alta (50 a 200)	450.59	11.16
	Muy alta (mayor de 2000)	208.26	5.16
Grado de riesgo a deslizamientos	Nulo	0.77	0.02
	Muy bajo	1980.84	49.05
	Bajo	526.86	13.05
	Medio	633.28	15.68
	Alto	839.33	20.79
	Muy alto	56.98	1.41
		(mm)	($t.ha^{-1}$)
Producción de escurrimientos (mm) y sedimentos ($t.ha^{-1}$) por unidad de respuesta hidrológica	U1	198.62	4.653
	U2	197.52	7.138
	U3	199.20	5.280
	U4	316.85	0.188
	U5	241.82	0.288
	U6	750.48	1.104
	U7	727.85	1.584
	U8	377.14	0.736
	U9	400.62	1.066

La formulación del Plan de Manejo con fines de restauración de las condiciones hidrológicas de la cuenca se enfoca principalmente en las áreas en riesgo y áreas degradadas, en la microcuenca del río Pajaltón se evaluaron bajo estas condiciones 2,398.49 (59.4%) y 279.05 (6.91%) ha respectivamente. Las acciones propuestas a realizar en el Plan de Manejo tienen como fin regular del escurrimiento en laderas, así como el aumentar la infiltración, controlar la erosión hídrica y mejora la cobertura vegetal. En cauces, las acciones son encaminadas a propiciar la regulación del flujo de agua en la red de drenaje así como la retención de azolve y el almacenamiento de agua desde la parte alta de la microcuenca realizando trabajos en las corrientes de orden 1, 2 y 3.

Para la selección de obras se siguió el siguiente criterio: para los arroyos de orden 1 el tratamiento será con pequeñas obras como las represas de geocostales o presas mixtas de polines impregnados más geocostales; para los arroyos de orden 2, se intervendrán con presas de piedra acomodada o represas de gavión, para el caso de los cauces de orden 3 se intervendrán con represas de gaviones robustas o presas de mampostería hidráulica.

A través del levantamiento de los cauces en campo se definieron secciones tipo para cada orden de cauce empleadas para generar un diseño base para cada obra estructural y estimar los volúmenes de obra requeridos (Cuadro 3) y la ubicación propuesta en la Figura 2.

Conclusiones

La metodología de Restauración Hidrológía Ambiental de cuencas permite definir las áreas de intervención con base en la evaluación de condiciones de degradación como degradación de la cobertura vegetal, la rasa de erosión hídrica y la producción de escurrimientos y cauces en las unidades de escurrimiento identificadas. Por el trabajo de campo que se realiza es posible determinar tanto las prácticas u obras a implementar como sus volúmenes de tal manera que esto permite generar un presupuesto real de la inversión requerida para restaurar la cuenca. Una fortaleza más de ese enfoque es considerar a la población como elemento fundamental y promotor de la propia restauración del territorio.

Cuadro 3. Volúmenes de obra calculados para la intervención en los cauces de la microcuenca del río Pajaltón, Chis.

ORDEN DEL CAUCE	LONGITUD ACUMULADA DE LOS CAUCES (m)	LONGITUD DE INTERVENCIÓN (m)	NÚMERO DE ESTRUCTURAS	VOLUMEN DE ESTRUCTURAS (m^3)
1	20,100	6,030	355	2,659
2	17,400	5,220	79	3,559
3	12,500	3,750	57	2,273

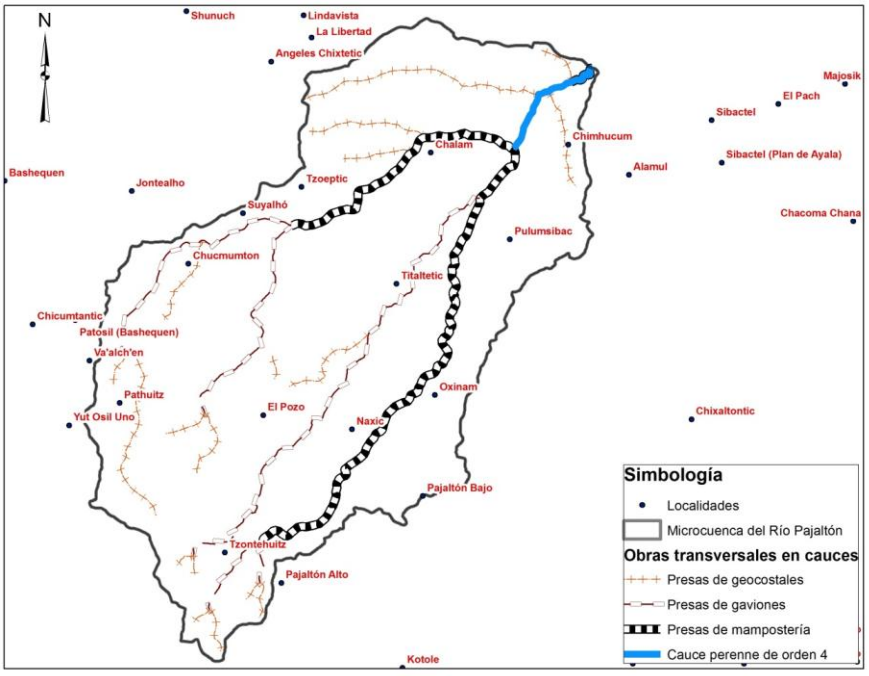


Figura 2. Distribución de las obras transversales de acuerdo al número de orden de cauces.

Con la información generada se elaboró el presupuesto para la implementación de las acciones estructurales del Plan de Manjo de la microcuenca del río Pajaltón, el cual se muestra de manera resumida en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Presupuesto de acciones estructurales para la restauración ambiental de la microcuenca del río Pajaltón, Chis,.
Volúmenes de obra calculados para la intervención en los cauces de la microcuenca del río Pajaltón, Chis

Descripción de la práctica	Unidad	Cantidad	P.U. ($)	Monto ($)
Tinas ciegas	piezas	31,500	100	3,150,000
Terrazas individuales	pieza	32,000	100	3,200,000
Zanjas bordo	km	27	40,000	1,080,000
Barreras o muros vivos	km	5	39,000	195,000
Barreras con geocostal	km	15	55,000	825,000
Barreras muertas de piedra	km	15	50,000	750,000
Sistemas agroforestales y/o silvopastoriles	ha	40	25,000	1,000,000
Reforestaciones con cercado protector	ha	150	12,000	1,800,000
Cultivos de cobertera	ha	30	2,000	60,000
Enriquecimiento de acahuales	ha	100	6,500	650,000
Abonos verdes	ha	20	4,000	80,000
Cercos vivos	km	30	3,000	90,000
Presas de geocostales	m3	2,659	1,000	2,659,091
Presas de gavión	m3	3,559	1,200	4,270,909
Presas de mampostería hidráulica	m3	2,273	1,200	2,727,273
Total				***22,537,273***

Bibliografía

Comisión Nacional del Agua, 2012 . Lineamientos para la Restauración Hidrológica Ambiental de Cuenca Hidrográficas. México. 25 p

CONAGUA-COLMERN, 2012. Restauración Hidrológica Ambiental de la microcuenca río Colorado, ubicada en la cuenca del río La Sierra, Chiapas-Tabasco; mediante el establecimiento de prácticas de manejo del agua y preservación del suelo. CONVENIO No. SGIH-GDTT-COLMERN-12/01/RF/CC. 253 p.

EL MANEJO HOLÍSTICO COMO ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN CUENCAS: DESCRIPCIÓN DEL ENTERO ECOSISTÉMICO EN MÁTAPE, SONORA

Villarruel Sahagún, L.[1,2]; Troyo Diéguez, E.[1], Gutiérrez Ruacho, O. G.[2]; Nieto Garibay, A.[1]; Esqueda M.[3], Aguirre Ibarra, I. A.[4]; Murillo Amador, B.[1]

[1]Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S., México.
[2]Universidad Estatal de Sonora, Hermosillo, Sonora. México.
[3]Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Hermosillo, Sonora, México.
[4]La Inmaculada de los Aguirre, S.P.R. de R.I., Pitiquito, Sonora, México.

*Villarruel-Sahagún L.: po59lo@gmail.com; Calle Juan Escutia Núm. 2, Col. La Huerta, Hermosillo, Sonora. México. CP 83208; Tel. +52(662)-214-29-55

Resumen

El presente trabajo se desarrolló en la Subcuenca La Haciendita, Villa Pesqueira, Sonora, el objetivo fue describir el entero ecosistémico en la misma, una cuenca de zonas semiáridas. La metodología utilizada fue la descripción de los componentes del entero ecosistémico se realizó considerando las características físicas, biológicas y socioeconómicas. Caracterización Física: La descripción de los atributos físicos se basó en: localización y superficie, clima, infraestructura, topografía y fisiografía, geología, edafología, cuencas, hidrología superficial, hidrología subterránea y acuíferos. Caracterización Biológica: Los atributos biológicos se determinaron a partir de: uso del suelo y vegetación (COTECOCA e INEGI) y fauna silvestre. Se realizaron además, muestreos de vegetación y fauna en el área y se generaron los listados de flora y fauna. Caracterización Socioeconómica: Los aspectos socioeconómicos se desarrollaron de los temas: tenencia de la tierra, sistemas de producción, población y escolaridad. Se elaboró una encuesta en la que se contemplan los aspectos demográficos, sistemas de producción y aspectos de organización. Se escogieron al azar 50 familias en la población de Mátape y en los lugares habitados de la zona. Resultados: La superficie de la Subcuenca La Haciendita, es de 12,552.5110 ha. Se describieron los atributos físicos, biológicos y socioeconómicos, los cuales serán utilizados para desarrollar la Planeación Biológica (agrícola, pecuaria, forestal, cinegética y ecoturística), Financiera y de Infraestructura o material de acuerdo a las condiciones descritas. Se concluye que en el contexto del Manejo Holístico, se define el entero ecosistémico a manejar con la descripción de los atributos del área mencionada: Físicos, Biológicos y Socioeconómicos.

Palabras clave: Manejo holístico; manejo de cuencas hidrológicas; definición del entero ecosistémico.

Introducción

El presente trabajo se desarrolló en la Subcuenca La Haciendita, Villa Pesqueira, Sonora, con la finalidad de describir el Entero Ecosistémico (EE) en la misma, una cuenca de zonas semiáridas. El manejo holístico (MH), es un modelo que integra a todos los recursos, componentes y procesos que se encuentran en una empresa (rancho o ejido), para lograr la máxima eficiencia y la sostenibilidad en las formas de estructurarla y manejarla. Así, se integran los recursos naturales, materiales y humanos, o en otros términos, el ecosistema, la economía y la sociedad. El MH propone 10 principios elementales que se aplican benéficamente a la actividad ganadera y que se relacionan con una comprensión del entorno (el EE) y de sus procesos naturales (ciclo del agua, ciclo de los nutrientes, flujo de energía y el cambio de patrón y desarrollo de suelos, plantas, animales y gente que nos sustentan) que permiten que las decisiones sean parte de un proceso integral, dinámico y auto-reflexivo (Savory, 2005).

Los principios en que se fundamenta son la esencia del MH. Su comprensión y puesta en práctica es el primer paso para alcanzar los resultados deseados para cualquier terreno, familia, comunidad o negocio. Los 10 principios del MH son: 1. La naturaleza (ecosistema) funciona en enteros; 2. Comprensión del tipo de ambiente que se está manejando; 3. El ganado es una herramienta para sanar suelos degradados; 4. El factor tiempo es más importante que el número de animales; 5. Definición de lo que se está manejando (descripción del EE); 6. Definición de lo que se desea lograr (meta holística); 7. El suelo desnudo es el enemigo público y ambiental número uno; 8. El conocimiento de las herramientas; 9. Comprobación y contraste de las decisiones; y 10. Seguimiento y retroalimentación de los resultados (Villarruel *et al.,* 2012).

Materiales y Métodos

La descripción de los componentes del EE se realizó considerando las características físicas, biológicas y socioeconómicas, en principio con la información disponible de INEGI y COTECOCA:

*Caracterización Física***:** La descripción de los atributos físicos se basó en los temas: localización y superficie, clima, infraestructura, topografía y fisiografía, geología, edafología, cuencas, hidrología superficial, hidrología subterránea y características principales de acuíferos.

*Caracterización Biológica***:** Los atributos biológicos se determinaron a partir de: uso del suelo y vegetación (COTECOCA e INEGI) y fauna silvestre. Se realizaron además, muestreos de vegetación y fauna en el área de estudio y se generaron los listados de flora y fauna.

*Caracterización Socioeconómica***:** Los aspectos socioeconómicos se desarrollaron a partir de los temas: tenencia de la tierra, sistemas de producción, población y escolaridad. Se elaboró una encuesta en la que se contemplan los aspectos demográficos, sistemas de producción y aspectos de organización. Se escogieron al azar 50 familias que viven en Villa Pesqueira y en los lugares habitados de la zona.

Resultados y Discusión

Caracterización Física de la Subcuenca La Haciendita

Localización y superficie**.** La superficie de la Subcuenca La Haciendita, es de 12,552.5110 ha, se encuentran en dos municipios; la mayor parte pertenece al municipio de Villa Pesqueira (Mátape) y una pequeña parte en la zona más alta, al municipio de San Pedro de la Cueva (Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

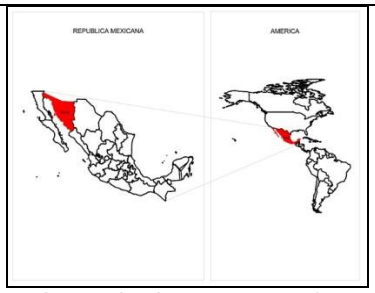


Figura 1. El Estado de Sonora en la República Mexicana y esta última en el Continente Americano.

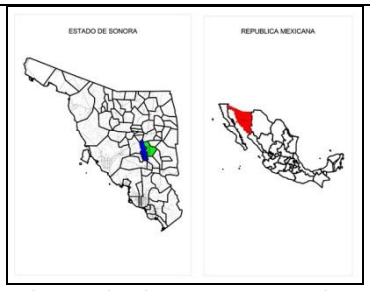


Figura 2. El Estado de Sonora y en la República Mexicana.

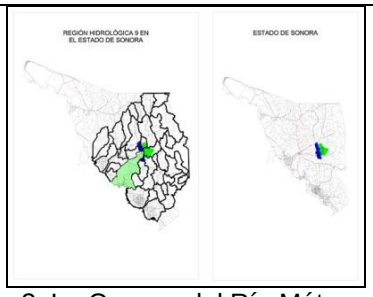


Figura 3. La Cuenca del Río Mátape en la Región Hidrológica 9 Sonora Sur y está en Sonora.

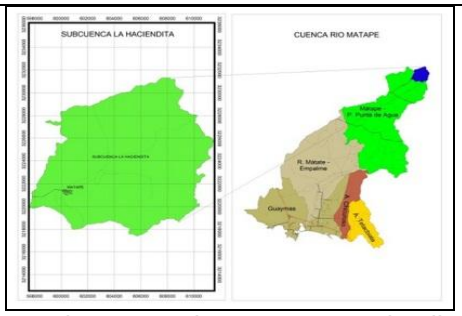


Figura 4. Subcuenca La Haciendita en la Cuenca Del Río Mátape.

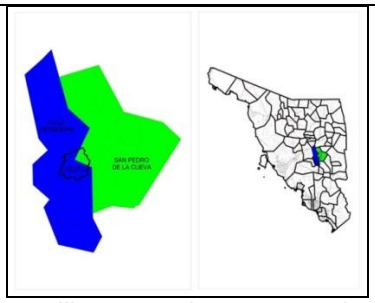


Figura 5. Villa Pesqueira y San Pedro de La Cueva en el Estado de Sonora.

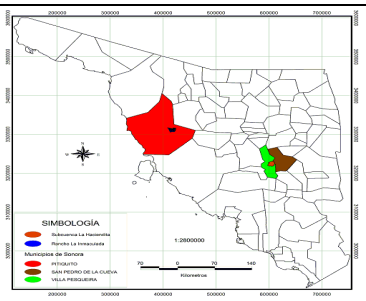


Figura 6. Ubicación de la Subcuenca La Haciendita y el Rancho La Inmaculada en Sonora

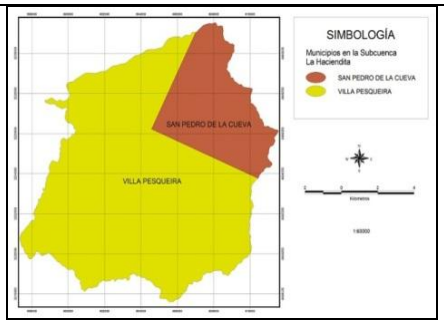


Figura 7. Municipios en la Subcuenca La Haciendita.

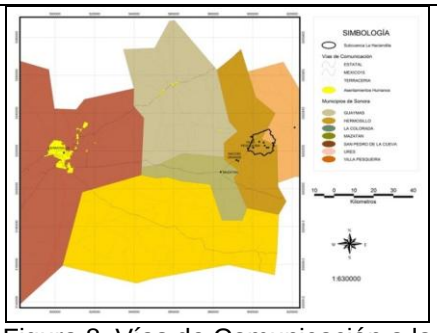


Figura 8. Vías de Comunicación a la Subcuenca La Haciendita

*Clima***.** La Subcuenca, cuenta con dos tipos de Climas. $BS_1kw(x')$ en 858.8570 ha (6.84%) de la superficie en la zonas altas al noroeste y suroeste de la subcuenca; y el segundo $BS_1hw(x')$ en 11,693.6540 ha (93.16%) de la subcuenca (INEGI, 1980; 1985; 2000).

*Infraestructura***.** La cuenca tiene caminos de terracería, una parte de la carretera pavimentada que va de Mazatán a Villa Pesqueira y a San Pedro de la Cueva, existen dieciséis zonas habitadas que son: Villa Pesqueira, Machacubiri, El Horno, El Chilicote, Canori, Las Cuevitas, El Pescado, Los Alisos, Los Jacales, La Bórica, El Rodeo, La Hacienda, Chucapora, El Choyalito, Puerto Batuc y El Puerto, en donde podemos encontrar desde una sola casa hasta un buen número de ellas como en la cabecera municipal que es Villa Pesqueira. Cuenta con dos presas, El Horno y La Haciendita y tres estanques para retener el agua. El abastecimiento de agua es por estanque y la presa, la corriente eléctrica es por línea, una iglesia y un cementerio (INEGI, 1975 a; 2007).

*Topografía y Fisiografía***.** La zona cuenta con parte de las sierras Agua Verde y El Carrizo, con una altura máxima de 1,620 msnm en su parte más alta en la sierra alta, y en la bajada con lomerío encontramos una altura mínima de 700 msnm; encontrándose los sitios de población entre los 720 y los 1,100 msnm (INEGI, 1975 a; 2007).

La Subcuenca se encuentra en la Provincia Fisiográfica Llanura Sonorense; en las Subprovincias Sierras y Valles del Norte y Piedemonte; tiene diferentes regiones fisiográficas o topoformas las que fueron clasificadas en – Sierra alta (con pendientes > 25%) en 10,456.3310 ha (83.30%) de la

superficie; Bajada con Lomerío (con pendiente de 2-25%) en 2,096.1800 ha (16.70%) de la Subcuenca (INEGI, 1981 b; 2000 a).

*Geología***.** El área cuenta con siete clases geológicas distribuidas en 12,552.5 ha, incluyendo granito del Cretácico K(Gr) en 5,181.15 ha (41.28%), caliza del Cretácico Ki(cz) en 3,083.56 ha (24.57%), caliza del Paleozoico P(cz) en 1,359.65 ha (10.83%), conglomerado del Terciario (Cenozoico) en 1,588.32 ha (12.65%), andesita del Terciario (Cenozoico) en 507.13 ha (4.04%), riolita del Terciario (Cenozoico) en 75.57 ha (0.6%) y toba ácida del Terciario en 757.13 ha (6.03) (INEGI, 1982).

*Edafología***.** Cuenta con dos de tipos de suelos: Litosol en 4,465.4400 ha (35.57%), Regosol en 8,059.0650 ha (64.20%) y los cuerpos de agua en 28.0050 ha (0.22%) (INEGI, 1988; 2001; 2004).

*Hidrología de la Cuenca del Río Mátape***.** El Área de Estudio queda dentro de la Región Hidrológica No. 9, Sonora Sur, en la Cuenca del Río Mátape que abarca una superficie de 600,517.94 ha, dentro de la cual la subcuenca La Haciendita cubre 12,552.51 ha, que corresponde a 2.1% de la cuenca (1981 a; 2000 b).

*Hidrología Superficial***.** La mayor parte de los cauces que se encuentran en la zona son intermitentes, se cuenta con dos presas grandes como son El Horno y La Haciendita y además de tres bordos para consumo del ganado (INEGI, 1975).

Hidrología Subterránea. Los materiales que almacenan las aguas subterráneas se clasifican en tres categorías: (a) material consolidado con posibilidades bajas, en 11,543.29 ha (92%), (b) material consolidado con posibilidades medias, en 736.34 (5.87%), y (c) material no consolidado con posibilidades medias, en 272.88 ha (2.17%), para un total de 12,552.51 ha (INEGI, 2005).

Acuíferos. Se encontraron dos acuíferos en de Área de Estudio: Santa Rosalía y Rio Mátape.

Caracterización Biológica de la Subcuenca La Haciendita

*Uso del Suelo y Vegetación***.**

Tipos de Vegetación según COTECOCA (1986; 1989): Se encontraron tres tipos de vegetación según COTECOCA (1986; 1989) y son: Matorral Alto Espinoso, Matorral Arborescente y Pastizal Amacollado Arbofrutescente.

Tipos de Vegetación según INEGI (1981c; 1997; 2000c): Fueron cinco Los tipos de vegetación y un uso de la tierra según INEGI y son los siguientes: Bosque de Encino, Matorral Sarcocaule, Mezquital, Pastizal Inducido, Selva Baja Caducifolia y Agricultura de Temporal.

*Listado Florístico y Colecta de Especies***.** El listado florístico para la Subcuenca La Haciendita, se compone de 25 órdenes, 39 familias, 112 géneros y 171 especies, a la fecha.

*Inventario de Fauna Silvestre***.** La composición de fauna silvestre consta de: (a) mamíferos, con 5 ordenes, 14 familias, 29 géneros y 34 especies), (b) aves, con 9 ordenes, 25 familias, 59 géneros y 78 especies, (c) reptiles, con 2 ordenes, 9 familias, 28 géneros y 34 especies, y (d) anfibios, con una orden, dos familias, dos géneros y dos especies (Caire, 1978; Stebbins, 1987; Howell and Webb, 1995; Van-Rossem, 1945; Parra, 1993).

Caracterización Socioeconómica de la Subcuenca La Haciendita

*Tenencia de la Tierra***.**

La tenencia de la tierra es Ejidal en su mayor parte y pequeña propiedad muy pequeña.

*Sistemas de Producción***.** Los sistemas de producción en el área se clasifican según la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP) como (INEGI, 1988; Gob. del Edo. de Sonora, 1988; INEGI - Gob. del Edo. de Sonora, 1993):

Sector Primario

Agricultura. Destacan los cultivos de: frijol, trigo, maíz, forrajes, algodón, cártamo, garbanzo, hortalizas, ajonjolí, linaza, alfalfa, soya y papa.

*Ganadería***:** Se crían bovinos para carne y leche, porcinos, caprinos aves y colmenas

*Aprovechamientos forestales***:** Encino, mezquite y otros.

*Industria***:** Existen en el municipio tres industrias manufactureras, dos pequeñas cuya actividad es la construcción de block de concreto y trabajos de herrería, y una gran industria llamada Barita de Sonora, la cual procesa sulfato de bario.

*Minería***:** Esta actividad es realizada gracias a la instalación de la empresa Barita de Sonora, la cual produce 500 toneladas diarias de sulfato de bario.

Sector Terciario

*Comercio***:** Se cuenta con establecimientos particulares.

*Servicios***:** Se tienen establecimientos para la preparación de alimentos y bebidas, hospedaje, venta de gasolina, reparación de vehículos, etc.

Población, escolaridad y servicios de salud

La población del municipio en 1990 fue de 1,686 habitantes, 925 hombres y 761 mujeres; la tasa media anual de crecimiento fue 0.1% de 1980 a 1986. La mayor concentración de la población se encuentra en las localidades Villa Pesqueira (cabecera municipal), El Adivino y Nácori Grande (Gob. del Edo. de Sonora, 1988; INEGI-Gob. del Edo. de Sonora, 1993; INEGI, 2011). La población total del municipio en 2010 fue de 1,254 habitantes, 688 hombres y 566 mujeres; la tasa media anual de crecimiento de la población va en decrecimiento ya que la cantidad total disminuyo en el período de 1990 – 2010 (de 1,686 a 1,254 habitantes) (INEGI, 2011). El municipio ofrece a sus habitantes educación básica, contando para ello con tres planteles de prescolar, tres primarias, una escuela secundaria y una biblioteca. Los alumnos inscritos en las escuelas se encuentran en el Cuadro 10 (INEGI, 2011). Para atender la salud de los habitantes del municipio se cuenta con los servicios del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de Sonora (ISSSTESON) y la Secretaría de Salud (SSA) (Gob. del Edo. de Sonora, 1988).

Los resultados logrados a través de la aplicación del MH se ilustran en la Figura 9, Rancho La Inmaculada, Mpio. de Pitiquito, Son., que inició entre 1990 y 1991 y continúa a la fecha.

1978	2002	2012

Figura 9. Entorno de La Casona del Rancho La Inmaculada en diferentes fechas.

Conclusiones

En la Subcuenca La Haciendita, se continúa utilizando el manejo tradicional y se nota el deterioro en el terreno y en la economía local, al disminuir la población de un periodo a otro (1990 a 2010), por migración de los habitantes a las ciudades del estado y a otros países en busca de fuentes de empleo y de mayores ingresos. Se pretende iniciar con la aplicación del MH en esta zona.

Agradecimientos

Se agradece a los profesores y estudiantes de la carrera de Lic. en Ecología del CESUES y al personal técnico del CIBNOR, M.D.A. Manuel S. Trasviña C. y Téc. Juan Vega M. el apoyo otorgado. Este trabajo fue financiado por el Fondo Sectorial para la Investigación básica CONACyT-SEP, Proyecto *Determinación de indicadores de la huella hídrica* núm 0134460, clave interna 180 C.

Bibliografía

Caire, W. 1978. The distribution and zoogeography of the mammals of Sonora, Mexico. Submitted Partial Fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Ph. in Biology. Graduate School of the University of New Mexico. 613 pp.

Comisión Nacional del Agua (CNA). 2002. Acuíferos del Estado de Sonora. Comisión Nacional del Agua. México, DF (D dig).

Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1986. Tipos de vegetación en el Estado de Sonora con diferenciación de sitios de productividad forrajera. 1:500,000. COTECOCA, SARH. México. 1 hoja.

Comisión Técnico Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero (COTECOCA). 1989. Coeficientes de agostadero de la República Mexicana Edo. de Sonora. COTECOCA, SARH. México. 255 p.

Gob. del Edo. de Sonora. 1988. Los Municipios de Sonora. Enciclop. de los Mpios de Méx. Talleres Gráf de la Nación. 346 p.

Howell, Steve N.G. and Webb, Shophie. 1995. A guide to the birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. 851 p.

Instituto Catastral y Registral del Estado de Sonora (ICRESON). 1995. Tenencia de la tierra de la Subcuenca La Haciendita. Oficio ICR-196-95 del 4 de Mayo de 1995. Hermosillo, Sonora, México. 2 hojas.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Climáticos. Escalas 1:250,000 y 1:1'000,000 (Vectorial). INEGI. México. 65 p. (Doc. Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000 a. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Fisiográficos. Escalas 1:1'000,000 (Vectorial). INEGI. México. 45 p. (Documento Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000 b. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos de Hidrología Superficial. Escalas 1:250,000 y 1:1'000,000 (Alfanumérico). INEGI. México. 34 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000 c. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación. Escalas 1:250,000 y 1:1'000,000 (Alfanumérico). INEGI. México. 59 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1997. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación. (Vectorial) Escala 1:250,000. INEGI. México. 56 p. (Documento Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2001. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Edafológicos (Alfanumérico). INEGI. México. 40 p. (Documento Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1998. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Edafológicos. Escala 1:250,000 (Vectorial). INEGI. México. 24 p. (Doc. Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2000 e. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Hidrológicos de Aguas Superficiales. Escalas 1:250,000 y 1:1'000,000 (Vectorial). INEGI. México. 65 p.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1996. Base de Datos Geográficos. Diccionario de Datos Topográficos. (Vectorial) Escala 1:50,000. INEGI. México. 115 p. (Documento Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1985. Carta de Climas. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1980. Carta de Climas. Tijuana. 1:1'000,000. INEGI. México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1983. Carta de Climas. Tijuana. 1:1'000,000 INEGI. Méx.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2005. Carta de Hidrología Subterránea. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja. (Documento Digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981a. Carta de Reg. Hidrológicas. Sonora. INEGI. Méx.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2004. Carta Edafológica. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1981b. Carta Fisiográfica. Tijuana. Esc 1:1'000,000. INEGI. Méx.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1982. Carta Geológica. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1997a. Carta Topográfica. Hermosillo. H12-8. Escala 1:250,000. 2da. Edición. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística. Geografía e Informática (INEGI). 1975 a. Carta Topográfica. San José de Batuc H12D44. Mazatán H12D43. INEGI. México. 2 hojas.

Instituto Nacional de Estadística. Geografía e Informática (INEGI). 2007. Carta Topográfica. San José de Batuc H12D44. Mazatán H12D43. INEGI. México. 2 hojas (Documento digital).

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1981 c. Carta Uso del Suelo y Vegetación. Hermosillo H12-8. 1:250,000. INEGI. México. 1 hoja.

Instituto Nacional de Estadística. Geografía e Informática (INEGI). 1988. Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP). 2ª Ed. INEGI. México. 275 p.

Instituto Nacional de Estadística. Geografía e Informática (INEGI) - Gobierno del Estado de Sonora (Gob. del Edo. de Sonora). 1993. Anuario Estadístico del Estado de Sonora. Edición 1993. INEGI. México. 340 p.

Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg,. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley and Sons. New York, N.Y.

Stebbins, I. Robert. 1987. A field guides to western reptiles and amphibians. Nat. Audubon Soc and Nat Wildlife Fed. 336 p

Van-Rossem, A.J. 1945. A distributional surrey of the birds of Sonora, México. Louisiana State University Press. 379 p.

Villarruel-Sahagún, L., I.A. Aguirre-Ibarra, Y. Maya-Delgado, E. Troyo-Diéguez y G. Solís-Garza (Editores). 2012. Manejo Holístico Principios y Prácticas. La Paz, B.C.S., México. 16 pp.

GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA COMO ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA GESTIÓN Y MANEJO DE CUENCAS DE BAHÍA CONCEPCIÓN, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

Chávez-López, S.

Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C. La Paz, B.C.S. México.

schavez04@cibnor.mx; Instituto Politécnico Nacional 195, Col. Playa Palo de Santa rita Sur, La Paz, B.C.S. México. C.P. 23096; Tel. 01 (612) 123 84 28.

Resumen

La región de Bahía Concepción la integran rocas volcánicas, intrusivas y sedimentarías, con un rango estratigráfico del Terciario al Cuaternario. Estructuralmente corresponde a una fosa tectónica, limitada por bloques basculados. Su paisaje lo integran dos unidades geomorfológicas principales que corresponden a sierras y franja costera, ambas compuestas por subunidades de menor escala. De estas las serranías funcionan como zonas de recarga y los valles y llanuras aluviales como zonas de almacenamiento hidrológico. De acuerdo al ordenamiento de Horton – Strahler, para el área de Bahía Concepción, se delimitan 71 cuencas exorreicas, integradas por arroyos intermitentes de corto recorrido y pendientes de fuertes a moderadas. De estas destaca la cuenca de Mulegé, por sus mayores dimensiones y por ser la más poblada. De aquí que estudiar las características hidrológicas de aguas subterráneas y superficiales cobra importancia, ya que el agua es un recurso estratégico y vital, por lo que resulta difícil hablar de gestión y manejo de cuencas sin tener conocimiento de los aspectos hidrológicos. Al mismo tiempo los aspectos geológicos, estructurales, geomorfológicos y climáticos, cobran importancia como factor de riesgo a inundaciones, cuyos efectos en la cuenca de Mulegé, se han presentado en los últimos años por el paso de los huracanes Jimena y Norbert en 2008 y 2009 respectivamente. De aquí que se habla de la existencia de un vínculo entre desastres naturales y cuencas hidrográficas, lo cual ha llevado en las últimas décadas a ser analizado también como manejo de cuencas y gestión del riesgo a desastres naturales.

Palabras clave: Geomorfología; hidrológica; Cuencas

Área de Estudio

Bahía Concepción, se ubica en la porción media y vertiente oriental de la Subprovincia Fisiográfica Sierra de La Giganta, ubicada entre los 26.432º - 26.913º de latitud norte y 111.548º - 112.250º de longitud oeste. El cuerpo de agua corresponde a una cuenca marina estrecha y alargada en dirección NW-SE, la cual abarca un área de 280 km^2 y mantiene comunicación permanente con el Golfo de California mediante una boca de 6.42 km de longitud(Fig. 1).

Materiales y Métodos

Previo al reconocimiento de campo, se elaboro el mapa base, con las cartas topográficas, escala 1: 50 000, de INEGI, así como el mosaico de ortofotos de la misma dependencia, empleando en para todo el proceso los programas para computadora, Global Mapper V. 10.02 y MapInfo V. 7.0. A partir de este material y del portulano 21161 Golfo de California, de U.S. Naval Surveys, escala 1: 144,850, se delimitaron las subunidades geomorfológicas, se elaboro el mapa hipsográfico, y se trazaron los principales alineamientos estructurales, que sirven de base para el trabajo de campo,

en donde se efectuó la descripción litológica con apoyo de la carta Geológica, 1:250 000 Loreto G12-5 de NEGI y la carta Geológico-Minera 1:250 000 Loreto G12-5 del Consejo de Recursos Minerales (CRM). Durante el reconocimiento de campo se efectuó como parte del trabajo mediciones estructurales con brújula Brunton, que junto con la información de las cartas geológicas antes referidas se elaboro la carta estructural de Bahía Concepción, cuya información se emplea como base para la interpretación de su historia tectónica, y para identificar zonas permeables.

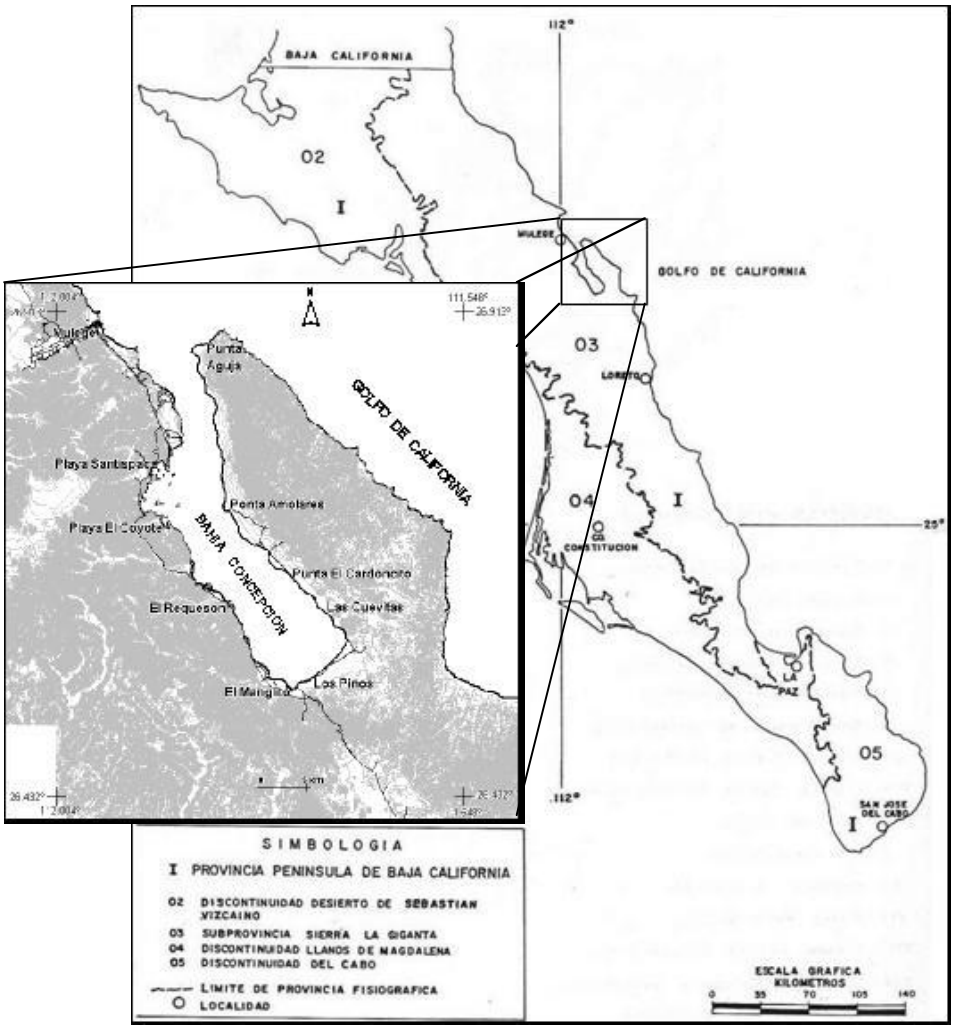


Figura 1. Ubicación del área de estudio .en las unidades Fisiográficas de Baja California Sur.

Resultados y Discusión

La litología en la región la integran rocas volcánicas, intrusivas y sedimentarías, con un rango estratigráfico del Terciario al Cuaternario (INEGI, 1996; CRM, 1997). Predominan las rocas volcánicas del Terciario de la Formación Comondú, integrada por andesitas, porfidos andesíticos, brechas volcánicas, basaltos, y areniscas tobaceas, y en menor proporción afloran rocas sedimentarias Terciarias, integradas por areniscas, conglomerados y coquina, que en algunas localidades presentan fósiles que corresponden a pectínidos, pelecipodos, y gasterópodos, de la Formación Salada, la cual sobreyace discordantemente a las rocas del la Formación Comondú. Las rocas del Cuaternario corresponden a Brecha Volcánica, Basalto, Conglomerados polimícticos, así como depósitos Aluviales, Eólicos y Litorales.

Estructuralmente en la región de Bahía Concepción se identifican tres episodios de esfuerzos tectónicos de extensión: El primero originado por fallas normales con dirección E-W que afecta a la

Formación Comondú, el cual según Casarrubias y Gómez (1994), también afecta al intrusito granítico, cuyos afloramientos en el área de estudio no se identificaron. El segundo episodio esta representado por fallas y fracturas con dirección NE-SW, que también afectan a las secuencias litológicas anteriores y a cuyo efecto, Casarrubias y Gómez (1994) atribuyen el vulcanismo de la Formación Santa Lucia y actualmente como conductos para el fluido geotérmico. El tercer episodio de esfuerzos extensionales está representado por fallas normales escalonadas con dirección NW-SE, que afecta a toda la secuencia cronoestratigráfica de la cuenca; episodio que los autores antes referidos, señalan como responsable del origen del Protogolfo de California, que a finales del Mioceno se reactivo generando depresiones tectónicas, como son las cuencas de Loreto y Bahía Concepción y cuyo fallamiento se infiere ha servido también como conducto para el fluido geotérmico, que en diferentes puntos de la franja costera occidental del área de estudio, se manifiestan con actividad hidrotermal. En la región destacan las fallas normales de longitud regional con rumbo NW-SE, que atraviesan diagonalmente el área de la península Babia Concepción y la falla La Giganta que limitan la Fosa Loreto-San Juan Londó, ubicada al sur del área de estudio la cual se inclina al noroeste por lo que se asume que ésta ha dado forma a la porción sumergida de Bahía Concepción. De acuerdo a lo anterior el área de Bahía Concepción corresponde a una “Fosa Tectónica” (*Graben*) limitada por bloques basculados (*pilar tectónico*), e inundada por la trasgresión marina del Holoceno (FIg. 2), cuyas unidades litológicas se encuentran falladas e intensamente fracturadas y diaclasadas, cuyas estructuras en su conjunto han condicionado el manantialismo de gasto reducido en diferentes puntos de las laderas de las sierras.

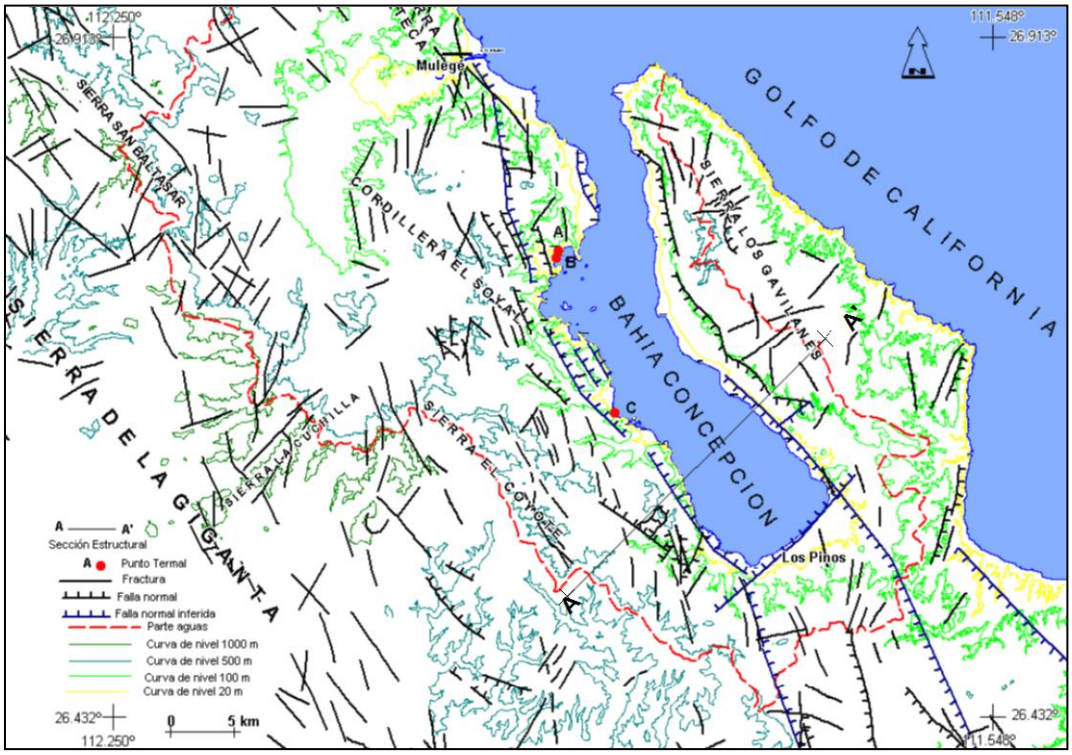


Figura 2. Geología estructural de Bahía Concepción.

Tanto la actividad de los agentes endógenos (tectónica-vulcanismo), como los exógenos (intemperismo-erosión), han modelando el relieve peninsular. En la región de Bahía Concepción, los aspectos geomorfológicos forman un paisaje contrastante en donde destacan dos unidades que corresponden a: Sierras (alta y baja) y Franja costera, ambas compuestas por subunidades geomorfológicas de menor escala.; las sierras corresponden a la Sierra La Giganta, que según la toponimia que se presenta en las cartas topográficas de INEGI (esc. 1: 50 000), se subdivide en Sierra San Baltasar, Azteca, Guadalupe, Cordillera El Soyal, El Cafetal, Zacatecas, La Cuchilla, El Cardonal, El Coyote y Sierra Los Gavilanes (fig. 4). Sus crestas forman el parteaguas que bordea a

Bahía Concepción. Esta unidad geomorfológica en forma de “u” orientada NW-SE, condicionando los escurrimientos en dos vertientes que drenan hacia el Océano Pacífico, Cuenca Iray – Magdalena, Golfo de California y la vertiente de Bahía Concepción. Las elevaciones que superan los 1000 m de altura se ubican en las Sierras San Baltasar, Zacatecas y La Cuchilla (sierras altas), el resto de las sierras presentan elevaciones por debajo de los 700 m (sierras bajas). Estas se integran en su mayor parte por secuencias de material volcánico extrusivo. En general dichas sierras presentan pendientes pronunciadas, cortadas por arroyos de régimen intermitente que dan forma a con valles fluviales angostos. Las subunidades que se distinguen corresponden a mesetas cañadas escarpadas, llanuras aluviales y abanicos aluviales. La Franja costera, en el área de estudio es angosta. Se diferencian 3 zonas que bordean el cuerpo de agua de Bahía Concepción: occidental, sur y oriental. En su mayor parte está compuesta de acantilados. Otras subunidades geomorfológicas que caracterizan esta zonas son deltas torrenciales, playas rocosas, playas encajadas (caletas), dunas, pantanos de manglar, marismas, escarpes erosivos y un tómbolo (en la playa El Requesón).

El relieve y geomorfología mencionado se resume en el mapa hipsográfico (Fig. 3), Las elevaciones máximas se registran en la Sierra Zacatecas con 1200 m de altura formando picachos, mientras que la batimetría señala un cuerpo de agua poco profundo. Las profundidades máximas se registran en dos pequeñas depresiones ubicadas hacia la parte media y cabecera de la Bahía con 30 y 40 m de profundidad respectivamente. Esta información resulta de interés hidrológico, ya que las serranías son zonas de recarga y los valles y llanuras aluviales de almacenamiento hidrológico (con potencial para formar acuíferos).

De Acuerdo al ordenamiento de Horton – Strahler, para el área de Bahía Concepción, se delimitan 71 cuencas exorreicas: una cuenca de sexto orden, tres de cuarto, catorce de tercero, veintinueve de segundo y veinticuatro de primer orden, que cubren un área total 1561.57 km^2 (Fig. 4). El drenaje se encuentra compuesto por arroyos intermitentes de corto recorrido y pendiente que va de fuertes a moderadas, producto del relieve escarpado de la vertiente oriental de la Sierra La Giganta. Este aspecto y las condiciones litológicas condicionan que en la mayoría de las cuencas que se muestran en la figura 4, el coeficiente de escurrimiento superficial sea de 10 a 20 %, a excepción de la cuenca 1 (arroyo Mulegé), y las cuencas 37 (arroyo Las Microondas), 38 (arroyo La Candelaria), 39 (sin nombre), 40 (arroyo La Travesía – arroyo Santa Rosaliita) y 41 (arroyo El Mono) que presentan pendientes suaves, por lo que su coeficiente de escurrimiento es de 0 a 5%. De estas cuencas la de mayor importancia desde el punto de vista geohidrológico es la cuenca 1 (arroyo Mulegé, sexto orden, 688.40 km^2).

En general, el estado de Baja California Sur, se caracteriza por ser una región árida, en donde la escasez de lluvia es una condición normal asociada a su clima seco y caluroso, cuyo régimen de lluvia varía mucho de un año a otro. Esto se refleja en la región por la inexistencia de corrientes de agua superficiales, y en una pobre recarga de los mantos acuíferos, cuya mayor posibilidad, se asocia a lluvias extraordinarias y de carácter aleatorio, generadas durante la temporada de huracanes; las cuales presentan cobertura regional, que llegan a superar los promedios de precipitación anual en cuestión de horas, favoreciendo así la recarga de acuíferos. Sin embargo esta situación también se presenta como una amenaza y factor de riesgo a inundaciones, cuya vulnerabilidad se ve favorecida por los aspectos geológicos y geomorfológicos de las cuencas en Bahía Concepción, ya que son de área y longitud reducida con pendientes de pronunciadas a moderadas. De estas destaca la cuenca de Mulegé por sus mayores dimensiones, y por la ubicación del poblado del mismo nombre en la porción final de su desembocadura, así como por ser la más poblada.

El alto riesgo a inundaciones en el poblado de Mulegé, es la suma de los factores geológicos, geomorfológicos, y la probabilidad de ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos que se combinan en la cuenca, caracterizada por una amplia zona de captación y una reducida salida de agua, ocasionando que durante periodos de lluvia en particular de tipo torrencial, se genere un efecto hidrodinámico de embudo, retardando la salida de agua al mar causando corrientes de agua turbulentas e inundaciones (Fig. 3, 4).

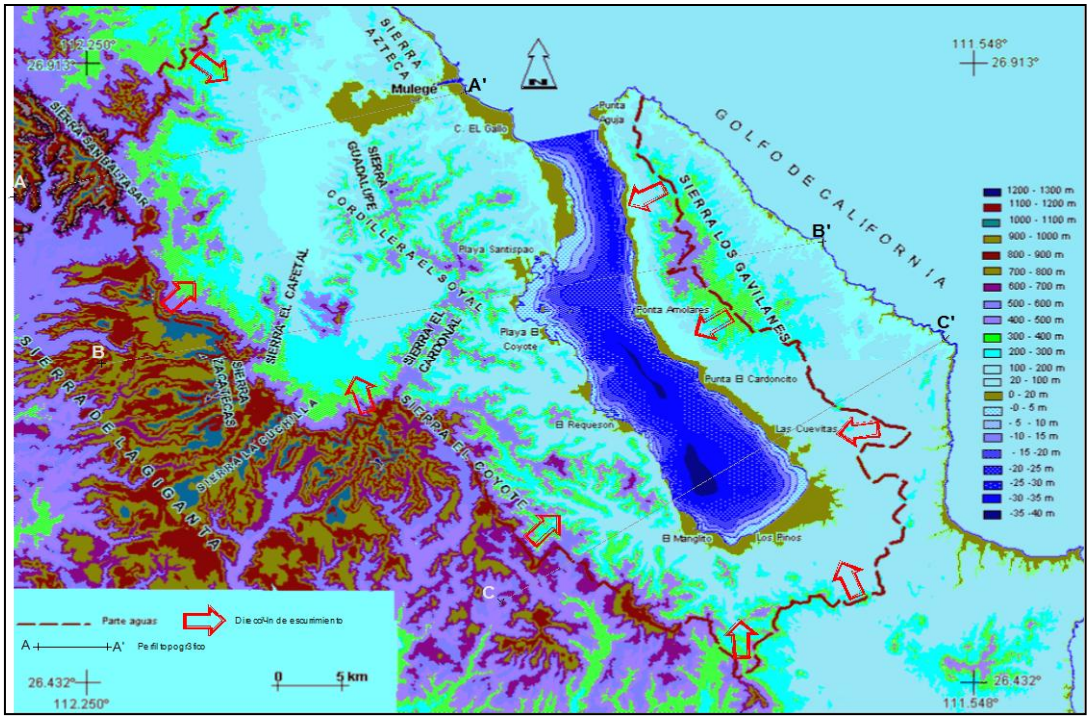


Figura 3. Hipsográfia de la región de Bahía Concepción.

Ejemplo de lo anterior se ha presentado en octubre de 2008 y septiembre de 2009, por efecto del huracán Jimena y Norbert respectivamente, cuyos efectos se reportaron en su momento como desastres. Lo alarmante de esta situación es que aún con estos antecedentes, se insiste en mantener en la parte de la desembocadura de la cuenca y en particular en el área aledaña al valle del “Río Mulegé”, como zona habitacional.

De acuerdo a la información presentada se destaca la importancia que brinda la geología y geomorfología, así como de los aspectos hidrometeorológicos, para el conocimiento de la hidrología tanto superficial como subterránea y al mismo tiempo emplearlos como factor de riesgo, en donde los valles aluviales que integran las porciones medias y bajas de las cuencas hidrográficas, las hace más vulnerables a ser inundadas durante eventos de lluvias extraordinarias. De esta manera se puede expresar, que de acuerdo a los factores físicos que caracterizan la cuenca de Mulegé, existe un constante riesgo a inundaciones en la parte baja y media, en donde la suma combinada de los diferentes factores de riesgo puede llegar a convertirse en desastres.

Conclusiones

Las áreas que INEGI y la CNA, denominan como regiones hidrológicas, obedece más a una distribución administrativa que de uso y manejo hidrológico de cuencas. Por lo que al estudiar estas regiones a escalas topográficas de semidetalle o detalle y teniendo como referencia la definición geomorfológica de cuenca y parteaguas (Lugo-Hubp, 1989; García-Gutiérrez, 2003), así como el ordenamiento de Horton – Strahler, resulta que dichas regiones hidrológicas, se encuentran integradas por mucho más cuencas que las reportadas. Como es el caso de Bahía Concepción donde las dependencias referidas reportan dos cuencas, mientras que en el presente trabajo y de acuerdo a las redes hidrográficas, se identificaron 71 cuencas exorreicas de entre primer y sexto orden.

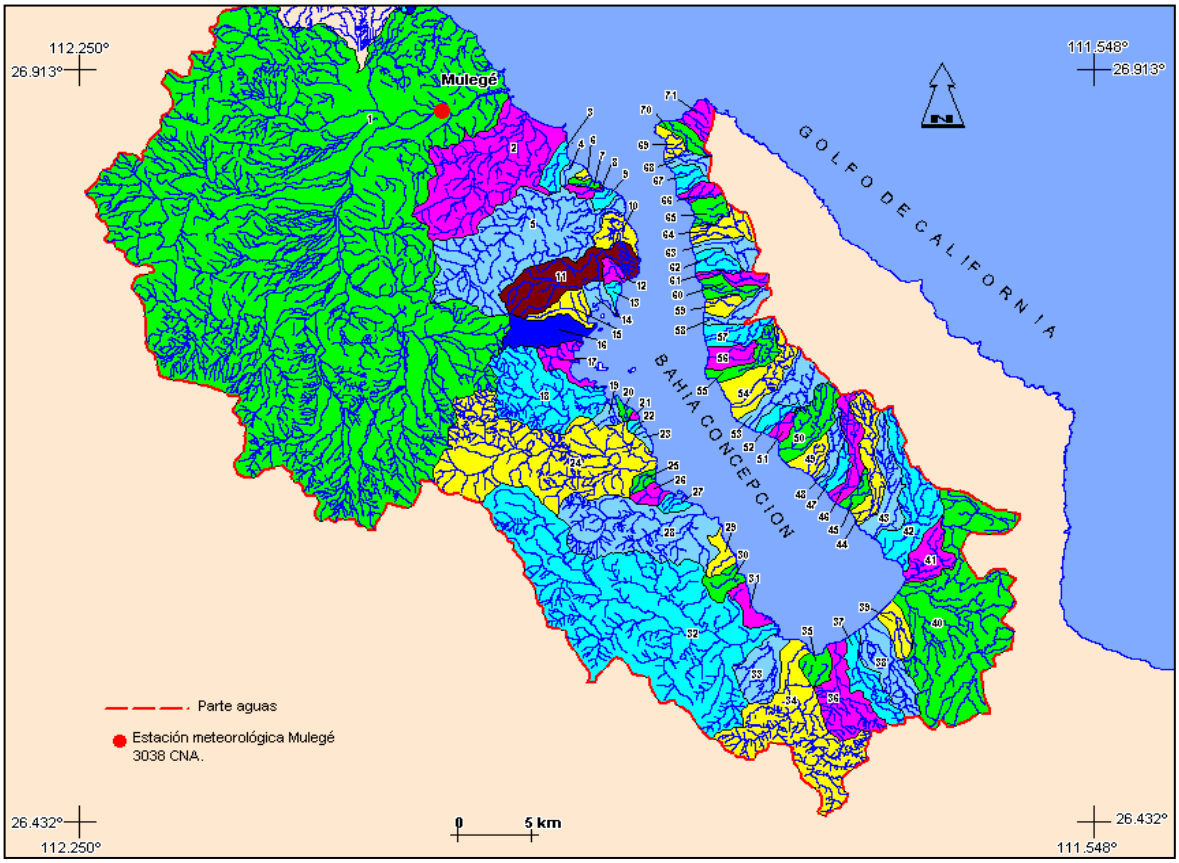


Figura 4. Delimitación de las cuencas hidrográficas que drenan hacia Bahía Concepción.

El ordenamiento de Horton – Strahler, tiene la ventaja de que, a partir del orden de la corriente, podemos de inicio darnos una idea clara de la longitud y área de la cuenca (a mayor orden mayor dimensión de la cuenca), lo que aunado a los aspectos geológicos, geomorfológicos, así como a los datos hidrometeorológicos, brindan la posibilidad de evaluar en su momento el caudal y otras características del régimen hidrológico de aguas superficiales, para cada cuenca. Al mismo tiempo junto con la geología estructural se brinda una idea del complejo emplazamiento de los acuíferos en el subsuelo. A este respecto según INEGI (1996), para Bahía Concepción solo destaca el acuífero de la zona geohidrológica, Valle de Mulegé (cuenca 1), sin embargo la geología estructural de la región (Fig. 2) evidencia la complejidad geológica en la región (fosas y pilares tectónicos), por lo que se infiere que la región de Bahía Concepción, se encuentra integrada por diferentes acuíferos (libres, semiconfinados y confinados), cuyo control hidrológico está condicionado por la geomorfología, geología estructural, estratigrafía y cambios de facies sedimentarias.Dado que el agua es un recurso estratégico y vital, resulta difícil hablar de gestión y manejo de cuencas sin tener conocimiento de las características hidrológicas de aguas subterráneas y superficiales. Las primeras cobran importancia por ser el recurso más explotado en la región, debido a su característica de aridez y la falta de corrientes de agua dulce superficial; la segunda debido a que cuando estas se llegan a formar generalmente son asociadas a lluvias torrenciales por efecto de tormentas tropicales o huracanes, convirtiéndose en riesgo de inundaciones y cuyo efecto, cobra importancia en la cuenca de Mulegé por sus mayores dimensiones y por ser la más poblada en la región de Bahía Concepción. De esta manera los aspectos geológicos, estructurales, geomorfológicos e hidrometeorológicos de Bahía Concepción también cobran importancia como factor de riesgo.

De aquí que se habla de la existencia de un vínculo entre desastres naturales y cuencas hidrográficas, el cual ha llevado en las últimas décadas a ser analizada como manejo de cuencas y gestión del riesgo a desastres naturales.

Bibliografía

Casarrubias Unzueta Z. y Gómez López U., 1994. Geología y Evaluación Geotérmica de la Zona Bahía Concepción, B.C.S., México. Rev. Mex. De Geotermia. 10(3) 75-88.

CRM (Consejo de Recursos Minerales), 1997. Carta Geológica-Minera Loreto G12-5 Baja California Sur. I mapa esc. 1:250 000.

García-Gutiérrez Manrique, L. 2003. Glosario de términos geológicos. Consejo de Recursos Minerales. México D.F. 781 p.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática), 1996. Estudio Hidrológico del estado de Baja California Sur. Aguascalientes, Ags. México. 205 p.

López, A., Casarrubias, Z. y Leal R. 1993. Estudio geológico regional de la zona geotérmica de Tres Vírgenes, B.C.S. CFE. Gerencia de Proyectos Geotermoeléctricos, Informe OGL/BC/002/93, p. 4-7.

Lugo-Hubp, J. 1989. Diccionario Geomorfológico. Universidad Nacional autónoma de México. Primera edición. 336 p.

EVALUACIÓN HIDRICA BAJO CONDICIONES DE RIEGO SUPERFICIAL EN LA REGIÓN LAGUNERA DE DURANGO

Garcia-Herrera, G.[1*]; López-Santos, A.[2]; Esquivel-Arriaga, O.[3]; Azpilcueta-Ruiz Esparza, M. de J.[4] Juarez-Cabrera, L. E. [5]

[1-5] Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo. Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua Bermejillo, Dgo. México. CP. 35230. Tel +52 (872)-776-0160,90.

*Gabriel Garcia Herrera: hrgar2002@gmail.com; Km. 40 Carretera Gómez Palacio-Chihuahua Bermejillo, Dgo. México. CP. 35230. Tel +52 (872)7760160,90.

Resumen

El presente trabajo parte de la problemática de la escasez del agua para riego, que se ha acentuado más con la sequía que ha persistido en los últimos años. Las eficiencias de aplicación a nivel parcelario son menores al 60 % y tomando en cuenta que los productores operan los sistemas de riego con base en su experiencia, se planteó el objetivo del presente es trabajo que es evaluar el riego superficial bajo las condiciones de manejo del productor para proponer recomendaciones de mejoramiento del uso y manejo del agua del riego superficial a nivel parcela en la Región Lagunera de Durango. Se considera que el modelo de simulación SIRMOD es una herramienta de apoyo en la determinación de las eficiencias en el uso y manejo del agua en el riego por gravedad. Se seleccionaron predios en los cuales se realizaron evaluaciones con la finalidad de detectar la variación existente en el manejo del agua de riego superficial.

Los predios evaluados fueron La Gallega y El 18 de Julio, en el primero se evaluaron dos sitios y en el segundo un sitio respectivamente. Para el caso de La Gallega donde se midieron dos sitios, la eficiencia de aplicación oscilo de 54.38 a 69.85 % del sitio 1 y 2 respectivamente, para el predio 18 de Julio se obtuvo una Ea de 66.5 %, esto representa una media de 63.6 % para los tres lugares evaluados. Se encontraron recomendaciones de mejoramiento a partir del modelo de simulación ajustando el tiempo de riego según la lámina requerida por el cultivo, incrementando las Ea de 97 a 99% para los 3 casos mencionados. Se recomienda aumentar el número de evaluaciones y predios en la región de estudio.

Palabras clave: Eficiencia de aplicación; Riego superficial; Modelos de simulación.

Introducción

El problema de la escasez del agua para riego en la Región Lagunera, se acentuado aún más con la sequía que ha persistido en los últimos años, llegando a un punto crítico en los años de 1995 y 1996, donde la superficie para riego fue reducida a solo 0.6 ha por productor. Tomando en cuenta que a nivel parcelario, las eficiencias de aplicación con riego superficial son menores del 60%, se considera que con un mejor uso y manejo del agua por parte del usuario, se puede incrementar dicha eficiencia a través del uso de técnicas de mejoramiento que tomen en cuenta los factores de diseño de riego que son factibles de modificarse.

Algunos investigadores de diversos lugares del mundo han generado modelos de simulación del riego superficial que permiten evaluar el diseño y operación del riego, sin embargo se presenta la situación que dichos avances se mantienen en el ámbito científico y no alcanzan a los productores o regadores (Catalán,1995; Walker, 2003). Dado que los productores operan los sistemas de riego con base en su experiencia, se puede evaluar la situación actual de manejo del agua de riego y mediante el uso de técnicas como los modelos de simulación del riego superficial, es factible predecir el funcionamiento de los sistemas mencionados y proponer alternativas para su

mejoramiento, validando y dando seguimiento a la realización de dichas recomendaciones en campo al menos por un año agrícola (García y Montes, 1998).

El objetivo del presente es trabajo es evaluar el riego superficial bajo las condiciones de manejo del productor para proponer recomendaciones de mejoramiento del uso y manejo del agua del riego superficial a nivel parcelario en la Región Lagunera de Durango.

Materiales y Métodos

El presente trabajo se llevó a cabo en la Región Lagunera de Durango. Se trabajó en varios sitios agrícolas representativos del mencionado lugar con productores que utilicen agua proveniente de la presa Lázaro Cárdenas y derivadora Francisco Zarco, así como agua subterránea. Los municipios bajo estudio son Lerdo, Mapimí, Gómez Palacio y Tlahualilo respectivamente. En cada predio se realizaron evaluaciones con la finalidad de detectar la variación existente en el manejo del agua de riego superficial. Las actividades realizadas en cada uno de los predios se enlistan a continuación: caracterización del predio. Se realizo un recorrido de reconocimiento en el predio para determinar las características relacionadas con el manejo del agua a nivel parcelario. Caracterización de los suelos. Se determinaron las principales características físico-químicas del suelo como textura, densidad aparente y PH. Condiciones del trazo de riego.

Se evaluaron las condiciones de la nivelación del terreno y se midió la pendiente y longitud en el sentido del riego. Se midió el gasto disponible en la parcela. Se midieron también las láminas aplicadas en cada sitio seleccionado para estimar los índices de eficiencia y uniformidad de aplicación. Esta información se relacionó con los factores de diseño del riego superficial como gasto, longitud, pendiente y lámina de riego. Alternativas de mejoramiento para el sistema actual del productor. A partir de la evaluación realizada en cada uno de los predios para contar con el diagnóstico de la situación actual en el manejo del riego superficial a nivel parcelario, se recomiendan diferentes alternativas para su mejoramiento. Las estrategias se enfocan a modificar algunos parámetros como el trazo del riego, superficie a establecer, gastos y tiempos de riego. Para la evaluación del riego a nivel parcelario se utilizó el modelo de simulación matemática del riego por superficie SIRMOD (Utah, 1989) el cual fue desarrollado por la división de ingeniería informática del departamento de ingeniería biológica y de riegos de la Universidad del Estado de Utah. El modelo describe el funcionamiento del sistema y proporciona los índices de eficiencia y uniformidad como variables resultantes, manejando como datos de entrada las variables del diseño de riego superficial (García y Montes 1998: Walker, 2003). todas las actividades descritas se realizaron con fines de diagnóstico de la situación actual en el uso y manejo del agua por parte del productor y proporcionar recomendaciones de mejoramiento para incrementar las eficiencias de aplicación y de requerimiento en los cultivos en las áreas mencionadas.

Resultados y Discusión

Se utilizó el modelo de simulación de riego superficial SIRMOD II para determinar los indicadores de Eficiencia de Aplicación (Ea), Eficiencia de Requerimiento (Er) y Uniformidad de Distribución (UD) a partir de los datos medidos bajo las condiciones en el uso y manejo del agua del productor. Cabe mencionar que el presente trabajo está en desarrollo y se presentan resultados preliminares que se han generado. A continuación se presentan los resultados de tres predios que han sido evaluados.

Predio La Gallega, Municipio de Gómez Palacio, Durango

Con la finalidad de estimar los índices de eficiencia del uso del agua a nivel parcelario, se realizó una evaluación de riego en el predio La Gallega para obtener las variables de diseño a nivel parcelario y proceder a utilizar el modelo de simulación “SIRMOD” para contar con el diagnóstico del uso y manejo del agua bajo las condiciones en que el productor está realizando la aplicación de

sus riegos en su predio. Con base en los resultados de cómo está operando los riegos el productor, se proponen recomendaciones para su mejoramiento.

1. Manejo del productor
   Tipo de suelo: Franco Arcilloso
   Gasto Unitario: 2.276 litros/seg. por metro de ancho de melga
   Longitud: 102.15 m
   Pendiente en el sentido del riego: 2 cm/100 m
   Lamina de riego: 0.0949 m
   Tiempo de riego: 71 minutos
   Cultivo: Avena
   Indicadores de eficiencia (Manejo actual)
   Eficiencia de aplicación: 69.85 %
   Eficiencia de almacenamiento: 100%
   Uniformidad de distribución: 96.12 %

2. Recomendación para mejoramiento
   Gasto Unitario: 2.276 litros/seg. por metro de ancho de melga
   Longitud: 102.15 m
   Pendiente en el sentido del riego: 2 cm/100 m
   Lamina de riego: 0.066 m
   Tiempo de riego: 50 minutos
   Indicadores de eficiencia
   Eficiencia de aplicación: 98.9 %
   Eficiencia de almacenamiento: 99.71 %
   Coeficiente de uniformidad: 96.63 %

La evaluación realizada en este predio indica que se esta regando con una eficiencia de aplicación del 69.85 % y el coeficiente de uniformidad es de 96.12%. El manejo puede mejorarse modificando el tiempo de riego de 71 a 50 minutos manejando el mismo gasto unitario de 2.276 litros/seg. por metro de ancho de melga, con esta alternativa se puede lograr una eficiencia de aplicación de 98.9 % que comparada con la que se tiene en el manejo actual (69.85 %) se incrementa cerca de un 30 %.

De esta manera se realizó la evaluación de cada uno de los tres sitios que incluyen al anterior, 2 de ellas corresponden al predio La Gallega, del municipio de Gómez Palacio, y la tercera evaluación pertenece al predio 18 de Julio del municipio de Tlahualilo, ambos del estado de Durango. En el cuadro 1 se concentran los resultados de las evaluaciones de riego por gravedad en los tres sitios evaluados.

La evaluación realizada en el predio La Gallega sitio 2, indica que se está regando con una eficiencia de aplicación del 54.38 % y el coeficiente de uniformidad es de 87.84 %. El manejo puede mejorarse modificando el tiempo de riego de 187 a 152 minutos manejando el mismo gasto unitario de 2.727 litros/seg. por metro de ancho de melga, con esta alternativa se puede lograr una eficiencia de aplicación de 92.63 % que comparada con la que se tiene en el manejo actual (54.38 %) se incrementa cerca de un 40 %.

Cuadro 1. Parámetros e Indicadores de eficiencia del uso y manejo del agua de riego bajo el manejo del productor y recomendaciones de mejoramiento para los tres sitios evaluados.

Parámetro/Predio	La Gallega	La Gallega	La Gallega	La Gallega	18 de Julio	18 de Julio
Sitio	1	1	2	2	3	3
Tipo de suelo	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso	Franco arcilloso
Cultivo	Avena	Avena	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa	Alfalfa
Gasto unitario (litros/s por metro de ancho)	2.276	2.276	2.727	2.727	4.16	4.16
Longitud (m)	102.15	102.15	284.4	284.4	103.3	103.3
Pendiente (cm/100m)	2	2	2	2	3	3
Lamina de riego (m)	0.0949	0.066	0.1076	0.0876	0.1354	0.090
Tiempo de riego (min)	71	50	187	152	56	41
Indicadores de eficiencia	Manejo del Productor	Recomendación de mejora	Manejo del Productor	Recomendación de mejora	Manejo del Productor	Recomendación de mejora
Eficiencia de aplicación (Ea) en %.	69.85	98.9	54.38	92.63	66.5	90.48
Eficiencia de requerimiento (Er) en %.	100	99.71	100	97.33	100	99.6
Uniformidad de distribución (UD) en %.	96.12	96.63	87.84	80.80	90	90.04

La evaluación realizada en el predio 18 de Julio sitio 3, indica que se está regando con una eficiencia de aplicación del 66.51 % y la uniformidad distribución es de 90 %. El manejo puede mejorarse modificando el tiempo de riego de 56 a 41 minutos manejando el mismo gasto unitario de 2.727 litros/seg. por metro de ancho de melga, con esta alternativa se puede lograr una eficiencia de aplicación de 90.48 % que comparada con la que se tiene en el manejo actual con un 66.5 % se incrementa cerca de un 25 %.

De acuerdo a los resultados en los sitios evaluados, se observa que las eficiencias de aplicación (Ea) variaron de 54.38 hasta 69.85 % bajo el manejo del agua del productor, representando un promedio de la Ea de 63.6 %, lo que indica que existen perdidas alrededor del 40 % del volumen aplicado. Con las recomendaciones de mejoramiento a partir de las simulaciones del modelo SIRMOD II, se incrementaron las Ea hasta valores que varían de 97 a 99%, aumentando de 25 a 40 %. Las recomendaciones realizadas se basaron principalmente en el ajuste del tiempo de riego de acuerdo a la lámina requerida por el cultivo.

Las eficiencias de requerimiento (Er) y la uniformidad de distribución (UD) se mantuvieron con valores aceptables por arriba del 80 % en los predios bajo estudio.

Es importante mencionar que existe variación de los indicadores en los predios evaluados y de una melga a otra, por lo que es difícil generalizar las recomendaciones, esto es coherente con los resultados de Loredo (2010), por lo que se recomienda aumentar el número de evaluaciones y predios para intentar cubrir el rango de variación.

Conclusiones

Se considera que el modelo de simulación SIRMOD es una herramienta de apoyo en la determinación de las eficiencias en el uso y manejo del agua en el riego por gravedad a nivel parcelario que permite contar con un diagnóstico y a partir del mismo se pueden encontrar alternativas de mejoramiento para proponerlas al productor con la finalidad de optimizar el recurso agua.

En los predios evaluados, para el caso de La Gallega donde se evaluaron dos sitios, la eficiencia de aplicación oscilo de 54.38 a 69.85 % del sitio 1 y 2 respectivamente, para el predio 18 de Julio se obtuvo una Ea de 66.5 %, esto representa una media de 63.6 % para los tres parcelas evaluadas. Se encontraron recomendaciones de mejoramiento a partir del modelo de simulación ajustando el tiempo de riego de acuerdo a la lámina requerida por el cultivo, incrementando las Ea de 97 a 99% para los 3 casos mencionados.

Las eficiencias de requerimiento (Er) y la uniformidad de distribución (UD) se encontraron valores aceptables por arriba del 80 % en los predios evaluados.

Se recomienda incrementar el número de evaluaciones y predios para cubrir la variación de los indicadores de eficiencias.

Bibliografía

Catalán, V.E.A 1990. hidráulica del riego por gravedad. Metodología de investigación y diagnostico en relación Agua-Suelo- Planta-Atmósfera. CENID-RASPA INIFAP. García, A.D. y Montes, G.L.E.1998. Transferencia integral de tecnología de riego. Informes de avance. CENID-RASPA INIFAP.

Catalán, V.E.A. 1995.Metodología para la generación de guías de riego superficial parcelario. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Pecuarias y Forestales. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria relación Agua Planta Atmósfera. Gómez Palacio, Durango, México. 36 p.

García, A.D. y Montes, G.L.E.1998. Transferencia integral de tecnología de riego. Informes de avance. CENID-RASPA INIFAP.

Gutiérrez, J. C. Khosla, R, Searcy, S., Gonzáles, C. G., Aranda, H. E., Azul, L. A. y Rivera, G. M. 2005. La sostenibilidad de los recursos para la producción de nuez de pecana mediante el uso de nuevas tecnologías. Transferencia, año 18, numero 71.

Loredo, V. R. C. 2010. Uso de un modelo de simulación hidráulico para evaluación y generación de recetas de riego en sistemas de riego superficial en el Norte de México. Tesis de Licenciatura. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo.

Mejia, S. E., Palacios, V. E., Exebio, G. A. y Santos, H. A. L. 2002. Problemas Operativos en el Manejo del Agua en los Distritos de Riego. Terra 20: 217-225.

Meneses, P. J. M. (S/F). Como elevar la eficiencia de riego por gravedad en el cultivo de caña de azúcar. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Habana-Pinar del Río. INICA-MINAZ.

Utah State University. 1989. SIRMOD (Surface Irrigation Simulation Software). Department of Agricultural and Irrigation Engineering. Utah State University, Logan, Utah, USA.

Walker, W. R. 2003. SIRMOD III Surface Irrigation Simulation. Evaluation and Design. Utah State University. Logan, Utah, Estados Unidos de América. 146 p.

PRODUCCIÓN DE ALGODONERO BAJO DEFICIT DE HUMEDAD EN EL SUELO

Inzunza-Ibarra, M.A.1*; Villa-Castorena M.1; Catalán-Valencia, E. A.; Román-López, A.1; Delgado-Ramírez, G.1

[1]**Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (CENID RASPA INIFAP)**.**Gómez Palacio, Dgo. México**.

*Autor responsable: inzunza.marco@inifap.gob.mx
Calle S. Lavín Núm. 988, Col. Ampliación Bellavista, Gómez Palacio, Dgo. México. CP 35058; Tel. +52(871)-159-0104

Resumen

El estudio se estableció en el sitio experimental del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua Suelo Planta Atmósfera del INIFAP, en Gómez Palacio, Durango. La siembra del algodón fue el 23 de marzo del 2012. El objetivo fue determinar la función de respuesta del algodón a diferentes contenidos de humedad en el suelo. Se estableció el experimento en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los siete tratamientos ensayados en campo, fueron resultado de un diseño de tratamientos incompleto “San Cristóbal” de dos factores y de cuatro niveles de humedad en dos etapas fenológicas del cultivo: 40, 60, 80 y 100 % de la humedad aprovechable del suelo consumida (HAC) por el cultivo en ambas etapas: de siembra a inicio de floración y de inicio de floración a madurez fisiológica. Se midió en forma continua el contenido de humedad del suelo para cada tratamiento usando los métodos de reflectometría y gravimetría. Los resultados mostraron que la más alta producción de grano de 8.7 t ha^{-1}, se obtuvo en el tratamiento que se desarrolló bajo 63 y 62 % de la HAC en la primera y segunda etapa de desarrollo del algodonero y al consumir 97 cm de agua de riego. Se obtuvieron modelos con ajuste satisfactorio del orden del 94 al 89% del parámetro del coeficiente de determinación (R^2) que predicen en forma precisa la producción de algodón en hueso a diferentes contenidos de humedad del suelo y a diferentes consumos de agua de riego.

Palabras clave: Gossypium hirsutum; función de producción al agua de riego; reflectometría en el dominio temporal

Introducción

El agua de riego, cada vez más escasa y cara como consecuencia del cambio climático, de la contaminación ambiental y de la creciente demanda urbana y de la industria, de ahí la importancia de no desperdiciarla. La Región Lagunera depende del agua captada en las dos presas existentes y del agua milenaria del subsuelo, de clima árido y semiárido, tiene como principal factor limitante, la deficiencia de agua para la producción económica de los cultivos.

Dentro de las estrategias para solventar este problema es incrementar la eficiencia de uso del agua de riego. Esto incluye el manejo del agua desde su derivación de la fuente de abastecimiento hasta de su óptima aplicación al cultivo en el predio agrícola. El algodonero en esta región con amplia historia, se cultiva desde antes de 1810 y se ha sembrado en una superficie superior a las 90 mil ha en 1962. Actualmente esta superficie se ha reducido hasta 20,110 ha por problemas de escasez de agua, alta incidencia de plagas y enfermedades y altos costos de cultivo (SIAP, 2013). Sin embargo el algodón en la Laguna se ha incrementado en los últimos años por ser un cultivo socialmente importante por el trabajo que genera y por ser una excelente opción de sustitución de la alfalfa, gran consumidor del agua, tan escasa en la región. Al respecto, Whitaker *et al*. 2008, reportaron estudios durante dos años en algodonero donde reportan que la eficiencia de uso del agua (EUA) de este cultivo al irrigarse con goteo subsuperficial, fue 19% más alta que utilizar el

sistema de riego por aspersión y que el rendimiento de fibra obtenido con riego subsuperficial fue 15% mayor y con 7.5 cm menos agua que con aspersión. Con objetivos similares, Singh *et al*. 2010, estudiaron durante dos años, el efecto del déficit hídrico en algodón y reportan que el irrigar con el 100 % de la evapotranspiración máxima con goteo, produjo 43.1% más rendimiento de algodón en hueso, con un ahorro del 26.9 % de agua, con respecto a irrigar utilizando riego por surcos.

Por su parte, Wanjura *et al*. 2002, analizaron información de algodonero por un periodo de 9 años, referente a manejar rangos de aplicación de agua desde déficit severos hasta aplicación excesiva de agua; concluyen que el mayor rendimiento de 1500 kg ha^{-1} de fibra, se obtuvo con 74 cm de agua distribuidos de siembra a maduración del algodón, con una EUA de 0.114 kg m^{-3}. Asimismo, Du *et al.* 2008, reportan un estudio de dos años del efecto en la eficiencia de uso del agua y en el rendimiento del algodón, de irrigar parcialmente su área radical con goteo en una zona árida de China. Los resultados mostraron que el riego por goteo alterno, presentó perfiles más secos y valores de conductancia estomática más bajos que el riego por goteo convencional, para el mismo nivel de riego. Sin embargo, se obtuvieron rendimientos similares, eficiencias de uso del agua más altas y se ahorró el 32% del agua de riego con este método, comparado con el goteo convencional. En forma similar, Howell *et al*. 2004, investigaron por dos años los requerimientos hídrico del algodón, reportan rendimientos de 1.166, 0.782 y 0.271 t ha^{-1} de fibra en promedio, con un consumo de agua de 600, 465 y 220 mm, respectivamente. La eficiencia de uso de agua más alta de 0.147 kg m^{-3} se presentó en el tratamiento de mayor consumo y fue 66% más eficiente que el tratamiento con menor consumo de agua. De acuerdo al propósito regional y nacional, de mejorar la eficiencia de uso de agua en los diferentes cultivos, se planeó este estudio en el algodón por su importancia y por su potencial para lograr el incremento de la productividad del agua para riego.

El objetivo del trabajo, fue la determinación de la función de producción del agua que relacione la producción de algodón con el régimen de humedad del suelo. En base a estos modelos, conocer la respuesta del algodonero a diferentes contenidos de humedad del suelo y estimar su producción en función de la cantidad de agua aplicada en sus etapas críticas de crecimiento. Con la obtención de estos modelos se busca tener 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 estudio se realizó en el lote experimental del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (CENID RASPA INIFAP), ubicado en la Comarca Lagunera, en Gómez Palacio, Durango. El clima de la región es desértico, muy árido, con precipitación anual de 250 mm promedio, evaporación media anual de 2600 mm y temperatura media anual de 22°C. Las lluvias son en verano, con lluvias invernales que representan de 5 a 10.2% del total anual. Previo al trabajo, se realizó un análisis del suelo de sus propiedades físicas y químicas donde los resultados ubican el suelo en la serie Coyote que es la más representativa de la región. Suelos profundos, Franco arcillo limosos a franco arcillosos.

El trabajo consistió de dos factores en estudio: la variación del contenido de humedad en el suelo en dos etapas de crecimiento del algodón. El primer factor fue la variación del régimen de humedad del suelo en la etapa de emergencia a inicio de floración. El segundo factor fue la variación del régimen de humedad del suelo en la etapa de inicio de floración a madurez fisiológica del algodón. Los niveles de estudio para la primera etapa (de emergencia a inicio de floración) fueron: 40, 60, 80, 100 % de la humedad aprovechable consumida del suelo (HAC_1) por el algodón. Similarmente, para la segunda etapa (inicio de floración a madurez fisiológica del grano) se ensayaron los mismos niveles de estudio (HAC_2).

Se utilizó el diseño de tratamientos San Cristóbal para dos factores, en el cual se eligen solo siete tratamientos en forma estratégica de un total de 16 combinaciones del original 4x4. De acuerdo a este diseño de tratamientos las combinaciones resultantes ensayadas en el campo fueron siete diferentes niveles de abatimiento de la humedad aprovechable en el suelo en los primeros 90 cm de profundidad radicular del cultivo. Estos se muestran en el Cuadro 1. Los tratamientos fueron

distribuidos de manera aleatoria en el campo, con base en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. A cada parcela o unidad experimental se le asignó una superficie de 20 m^2 (4 de ancho por 5 de largo).

Cuadro 1. Tratamientos de humedad del suelo ensayados en el cultivo del algodón

Tratamiento	Etapa 1, de emergencia a inicio de floración (HAC_1, %)	Etapa 2, de inicio de floración a madurez fisiológica (HAC_2, %)
1	40	40
2	40	80
3	60	60
4	60	100
5	80	40
6	80	80
7	100	60

HAC_1 = Humedad aprovechable consumida en la etapa 1 (%); HAC_2 = Humedad aprovechable consumida en la etapa 2 (%)

Para determinar y monitorear el contenido de agua del suelo y su variación a través el ciclo del cultivo en cada tratamiento, se utilizaron los métodos de reflectometría en el dominio temporal (TDR) y el gravimétrico como método estándar para su calibración basado en la toma de muestras del suelo con barrenas tipo vehimeyer. Se utilizó la variedad de algodón FM 1740 B2RF de Bayer, la siembra se efectuó el 25 de marzo del 2012, con una densidad de siembra de 12 kg ha^{-1} o aproximadamente 131 mil plantas ha^{-1}. Para la fertilización se aplicó la fórmula 130-80-0. Las variables evaluadas fueron, el rendimiento de fibra en hueso (t ha^{-1}), la lámina de agua consumida, la eficiencia de uso del agua que relaciona el rendimiento de grano con la cantidad de agua consumida (kg m^{-3}) y se registró el contenido de humedad del suelo de cada tratamiento (HAC). El análisis de la información se realizó en base al análisis de varianza, de comparación de medias (Tukey 5%), del análisis de regresión y de la optimización de variables en base a la teoría de máximos y mínimos del cálculo diferencial (SAS, 2003).

Resultados y Discusión

En el Cuadro 2 se presentan los valores del régimen de humedad a los que fueron sometidos los diferentes tratamientos al cultivo del Algodón. El rango del contenido de la humedad aprovechable consumida fluctúo de 42 % en la etapa de siembra a inicio de floración en el tratamiento 40-40 y el 40-80, de condiciones de humedad no restrictivas a 100 % de la HAC tanto para el tratamiento 60-100 como el 100-60 de condiciones hídricas restrictivas. Para el caso de la lámina consumida por el algodón, el mayor consumo de 64 en la primera etapa, se presentó en el tratamiento 40-40 de condiciones más húmedas que el resto, el menor consumo de 29 cm, se mostró en el tratamiento 100-60 de bajo contenido de humedad en la etapa vegetativa del algodón.

Comportamiento del rendimiento en hueso del algodón en los diferentes tratamientos

A continuación se muestra el comportamiento del rendimiento en hueso (t ha^{-1}) del algodón, como respuesta a las condiciones diferentes de humedad del suelo en cada tratamiento ensayado en el campo. El análisis de varianza del Cuadro 3 mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos (α = 0.01). La combinación del 60-60 tuvo un rendimiento promedio más alto, de 8.67 t ha^{-1}. Este valor de producción, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey (Figura 1), resultó igual estadísticamente, al tratamiento 40-40 y estos fueron significativamente más altos al resto de los tratamientos ensayados (α = 0.05). Esta mayor producción fue obtenida al aplicar el riego al algodón al 63 y al 62% de la humedad aprovechable consumida 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 cultivo. Los valores de rendimiento concuerdan con los obtenidos por Singh *et al*. (2010).

Cuadro 2. Contenidos de humedad, rendimientos y eficiencia de agua promedios de los tratamientos ensayados

Tratamiento	HAC_1 (%)	HAC_2 (%)	LC_1 (cm)	LC_2 (cm)	R (t ha^{-1})	EUA (kg m^{-3})
40-40	42	44	64	52	8.21	0.707
40-80	42	82	64	37	6.19	0.612
60-60	63	62	53	44	8.67	0.897
60-100	63	100	53	34	5.30	0.610
80-40	81	44	41	52	7.14	0.767
80-80	81	82	41	37	7.37	0.945
100-60	99	62	29	42	5.89	0.830

HAC_1 y HAC_2 = Humedad aprovechable consumida en las dos etapas del algodón; LC_1 y LC_2 = Lamina consumida en las dos etapas estudiadas; R= Rendimiento de grano del algodón; EUA= Eficiencia de uso del agua

Por otro lado, los rendimientos más bajos se obtuvieron en los tratamientos 60-100 y 100-60, que alcanzaron un valor promedio de 5.30 y 5.89 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. (Figura 1). De acuerdo al análisis de Tukey de comparación de medias mostrado en la referida gráfica, estos tratamientos resultaron ser estadísticamente inferiores en rendimiento de fibra en hueso 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 algodón 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.

Cuadro 3. Análisis de varianza y pruebas de F, para rendimiento de algodón en hueso

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Bloques	3	0.5452	0.1817	2.03
Tratamientos	6	36.7001	6.1167	68.45**
Error	18	1.6084	0.0893	
CV (%)			4.29	

** Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.01. G.L. = Grados de libertad; CV = coeficiente de variación.

Modelo de producción del rendimiento de algodón en hueso al régimen de humedad del suelo

Por medio del método de análisis de regresión se ajustaron los datos observados del rendimiento de algodón (R) como variable dependiente y la humedad aprovechable consumida al momento del riego (HAC) como variable independiente, la función encontrada se presenta en la ecuación 1.

$$R = 1.0017+0.1489*HAC_1+0.1197*HAC_2-0.0020*HAC_1^2-0.0019*HAC_2^2+0.0015*HAC_1HAC_2 \quad (1)$$

$$R^2 = 0.94 \qquad CV = 4.5\%$$

Donde los coeficientes de la regresión de cada uno de los efectos lineal, cuadrático y de la interacción, fueron altamente significativos por lo que contribuyen en el modelo a explicar la respuesta del algodón. De acuerdo a sus parámetros estadísticos del coeficiente de determinación (R^2) y del coeficiente de variación (CV), el modelo obtenido explica en forma satisfactoria el fenómeno representado.

Modelo del rendimiento de algodón en hueso y la lámina de agua consumida

Al relacionar estas variables para cada tratamiento ensayado en campo, se encontró que entre ellas existió una relación de tipo cuadrática. Dicha función obtenida, después de realizar el análisis de regresión entre ambas variables resultó la ecuación (2).

$$R= -36.8385+0.2521*LC_1+1.6736*LC_2-0.0050*LC_1^2 -0.0216*LC_2^2 + 0.0062*LC_1LC_2 \quad (2)$$

$$R^2 = 0.896 \qquad CV = 6.2\%$$

Donde los coeficientes de regresión estimados, fueron significativos y contribuyeron a explicar la relación de las variables bajo estudio. De acuerdo a sus parámetros estadísticos encontrados el

modelo ajustado en este estudio tiene una capacidad de predicción que resulta satisfactoria para este tipo de relaciones biológicas complejas donde intervienen diversos factores de la planta, del suelo y ambientales.

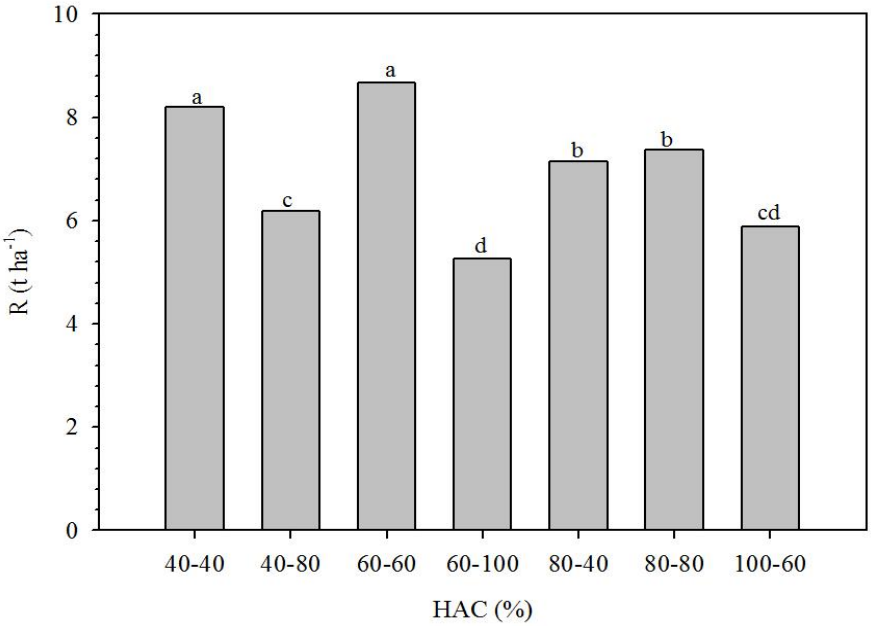


Figura 1. Respuesta del algodón a los tratamientos de riego y análisis de Tukey (5%)

Conclusiones

De acuerdo al modelo generado, que relaciona el rendimiento de algodón y los niveles de humedad del suelo, el cultivo maximiza su producción de grano de 8.74 t ha^{-1} cuando es desarrollado a un déficit hídrico en el suelo de 59 y 56% de la humedad aprovechable consumida para la etapa vegetativa y reproductiva, respectivamente. La optimización de la función que relacionó la producción de grano del cultivo con la cantidad de agua consumida, deduce que el máximo rendimiento se presentó al consumir el cultivo 54.3 y 46.6 cm de agua durante la etapa vegetativa y reproductiva, respectivamente. La mayor eficiencia productiva del agua de 0.945 kg m^{-3} se mostró bajo condiciones hídricas de 81-82% de la HAC y un consumo de agua de 41 y 37 cm para la etapa vegetativa y reproductiva respectivamente.

Bibliografía

Du, T., S. Kang, J. Zhang and F. Li. 2008. Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China. Irrig. Sci. 26: 147–159.

Howell T.A., M.R. Evett, J.A. Tolk and A. D. Schneider. 2004. Evapotranspiration of full, deficit-irrigated and dryland cotton on the Northern Texas High plains. J. Irrig. Drain Eng. 130: 277-285.

SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2013. Anuario Estadístico 2011. SAGARPA. Disponible en: http:/siap.gob.mx (Julio 2013).

Singh, Y., S. S. Rao and P L. Regar. 2010. Deficit irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in shallow soils of semi-arid environment Agric. Water Manage. 97: 965-970.

Statistical Analysis System (SAS). 2003. (SAS/STAT) 2003.9.1 by SAS Institute Inc. Cary USA.

Wanjura, D.F., D.R. Upchurch, J.R. Mahan and J.J. Burke. 2002. Cotton yield and applied water relationships under drip irrigation. Agric. Water Manage. 55: 217-237.

Whitaker, J.R., G. L. Ritchie, C. W. Bednarz and C. I. Mills. 2008. Cotton subsurface drip and overhead irrigation efficiency, maturity, yield, and quality. Agron. J. 100:1763–1768.

ANÁLISIS FRACTAL DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN EL ESTADO DE ZACATECAS

Magallanes-Quintanar, R.[1*], Valdez-Cepeda, R.D.[2,3], Blanco-Macías, F.[2], Méndez-Gallegos, S. de J.[4] y Delgadillo-Ruíz, O.,[5] Medina-García, G.[6]

[1]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zacatecas. México.
[2]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zacatecas. México.
[3]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Zacatecas, Zacatecas. México.
[4]Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, San Luís Potosí. México.
[5]Universidad Autónoma Chapingo, Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial.
[6]Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas. Calera de V.R., Zacatecas. México

*Autor responsable: tiquis@gmail.com; Carretera Federal Zac-Gdl sn, UAZ Campus Siglo XXI, Zacatecas, Zacatecas. México. CP 98000.

Resumen

Cambios en la distribución de las precipitaciones han atraído la atención debido a la especial vulnerabilidad de las actividades humanas a los fenómenos hidrológicos, tales como lluvias extremas. El objetivo de este estudio fue analizar 32 series temporales de largo plazo de la precipitación pluvial mensual registrada en estaciones meteorológicas situadas en el estado de Zacatecas, México, mediante el análisis del espectro de potencia para adquirir conocimiento a nivel local y regional. Conjuntos de datos de series de tiempo de precipitación fueron tratados como perfiles fractales para estimar, en primer lugar, sus tendencias lineales por medio de análisis de regresión y, posteriormente, calcular los índices de auto-afinidad de las series de tiempo de las anomalías de precipitación por medio del análisis fractal a través del enfoque de espectro de potencia. Los resultados muestran una correlación negativa significativa entre la dimensión fractal de las anomalías de precipitación y la latitud y una correlación positiva significativa entre el exponente de Hurst de las anomalías de precipitación y la latitud. Los hallazgos sugieren que la precipitación pluvial en el estado de Zacatecas es más impredecible en la región sur.

Palabras clave: Lluvia; Cambio climático; Auto-afinidad

Introducción

El interés sobre el cambio climático ha aumentado en los últimos años, debido a las predicciones globales asociados con el efecto invernadero, lo que parece conducir a un aumento sustancial de la temperatura en el planeta. En general, ese incremento de la temperatura de la superficie global puede jugar un papel clave con respecto al aumento de la evaporación en los océanos y continentes, la cual a su vez puede conducir a un aumento de la precipitación media mundial. Esos cambios en la distribución de la precipitación ha atraído la atención debido a la especial vulnerabilidad de las actividades humanas a los fenómenos extremos hidrológicos, como inundaciones y sequías (Kharin et al., 2007). Por ejemplo, se ha evidenciado que las tendencias de precipitación pluvial varían según las regiones y con el tiempo, a pesar de que la precipitación en la superficie terrestre ha aumentado en general al norte de 30° N durante el siglo pasado y ha disminuido en gran parte de los trópicos desde 1970 (IPCC, 2007). Por lo anterior, una mejor comprensión de la variabilidad espacial y temporal de la precipitación pluvial en la superficie terrestre a nivel local y regional es esencial para el entender el llamado cambio climático, así como para evaluar sus impactos potenciales sobre los recursos hídricos (Valdez-Cepeda et al., 2012).

Además del análisis estadístico tradicional, las series de tiempo de precipitación pueden ser analizadas mediante otros enfoques; por ejemplo, pueden ser tratadas como perfiles fractales (Valdez–Cepeda et al., 2003ab). El concepto fractal es muy útil para la interpretación de los datos de series de tiempo en diversas ramas de las ciencias de la Tierra, tales como la variabilidad horizontal de temperatura, humedad, precipitación y nubes de agua en la atmósfera, entre otros. Los comportamientos de estos fenómenos obedecen leyes de potencia en rangos de número de onda bien definidos. Estos resultados son muy importantes para la comprensión de la variabilidad del clima y para mejorar la caracterización de estos campos en los modelos a gran escala del sistema climático (Dimri, 2005). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue generar conocimiento, a niveles local y regional, sobre el comportamiento de 32 series temporales de largo plazo de la precipitación pluvial mensual registrada en estaciones meteorológicas situadas en el estado de Zacatecas, México, mediante el análisis del espectro de potencia.

Materiales y Métodos

Los datos originales fueron registros de largo plazo de la precipitación mensual. Los conjuntos de datos de 32 estaciones meteorológicas ubicadas en el territorio del estado de Zacatecas, México fueron recabados. Las generalidades de cada estación se presentan en el Cuadro 1. Los datos fueron proporcionados por la Comisión Nacional del Agua. Para el análisis se consideraron series de las estaciones con al menos 30 años de registro.
Los conjuntos de datos originales fueron tratados como perfiles fractales para estimar, en primer lugar, sus tendencias lineales por medio del análisis de regresión y, posteriormente, calcular los índices de auto-afinidad: Dimensión fractal (Ds), exponente de Hurst (H) y pendiente (-β) de las series de tiempo de las anomalías de precipitación mediante análisis fractal a través del enfoque de espectro de potencia.

Resultados y Discusión

Los cambios en la distribución de la precipitación pluvial ha atraído la atención debido a la especial vulnerabilidad de las actividades humanas a los eventos hidrológicos extremos tales como inundaciones y sequías que se producen (Kharin et al., 2007). Como consecuencia de ello, está el hecho de que la precipitación tiene un efecto dramático en la agricultura (Jianhai et al., 2010). En el presente estudio, se utilizó el enfoque de análisis espectral de las series de tiempo de las anomalías de la precipitación para estimar sus estadísticos de auto-afinidad: Dimensión fractal (Ds), exponente de Hurst (H) y pendiente (-β). Todas las series de tiempo de anomalías de precipitación obtuvieron líneas rectas en el gráfico log-log con pendiente (-β) (Cuadro 1), lo cual sugiere que cada espectro es singular y está representado por una curva en el plano complejo. Los valores de la dimensión fractal espectral (Ds) variaron desde 1.411 hasta 1.791, y los valores de H variaron desde 0.209 hasta 0.589, con una media de 0.47. La mayoría de los valores de Ds se encuentran en el rango de 1.486 a 1.562, lo cual corresponde a 49.08% de la superficie de estado de Zacatecas (Figura 1). Además, se encontró un valor de Ds ≈ 1.5 para 1 de las 32 series de tiempo de las anomalías de precipitación mensual (estación 'El Sauz'); ello significa que el ruido en esta serie tiende a ser igual al movimiento Browniano o caminata aleatoria. Por otro lado, los valores mayores de Ds en el rango de 1.638 a 1.796 representan sólo el 0.16% de la superficie del estado. El ruido en estas series tiende a tener una memoria a corto plazo o con comportamiento anti-persistente. Para analizar la relación entre los estadísticos de auto-afinidad de las series de tiempo de las anomalías de precipitación y sus respectivas coordenadas geográficas, sus coeficientes de correlación fueron calculados (Cuadro 2). Estos resultados muestran que existe una correlación negativa significativa (r=-0.41) entre la Ds de las anomalías de precipitación y la latitud; así como una correlación positiva significativa (r=0.41) entre H de las anomalías de precipitación y la latitud. Estos resultados sugieren que los valores de Ds de las anomalías de precipitación para el estado de Zacatecas, disminuyen a medida que aumenta la latitud y que los valores de H de las anomalías de precipitación para el estado de Zacatecas se incrementan a medida que aumenta la latitud. De manera complementaria,

los modelos de regresión lineal entre Ds y Latitud (Ds pp = 2.44 - 0.04*Lat; R=-0.41; R^2= 0.17; p = 0.0191), y H y Latitud (H pp = -0.44 + 0.04*Lat; R = 0.4122; R^2 = 0.1699; p = 0.0191) pueden apreciarse en la Figura 2. Nuestros hallazgos sugieren que las anomalías de precipitación pluvial en el estado de Zacatecas son más impredecibles en la región sur. En investigaciones futuras para obtener conocimiento sobre el comportamiento de la series de tiempo de precipitación se debería contemplar su posible asociación con fenómenos periódicos. Para ello pueden usarse técnicas como el espectro cruzado de ondeletas y análisis de coherencia de ondeletas (Maraun y Kurths, 2004; Hartmannet al., 2008).

Cuadro 1. Generalidades de las estaciones meteorológicas e índices de auto-afinidad para series de tiempo de anomalías de evaporación y precipitación para el estado de Zacatecas.

Estación	Municipio	Latitud	Longitud	msnm	Ds	H	β
Cedros	Mazapil	24° 20'	101 °46'	1781	1.48	0.52	2.03
Chalchihuites	Chalchihuites	23° 28'	103° 52'	2260	1.41	0.59	2.18
Col. González Ortega	Sombrerete	23° 57'	103° 26'	2195	1.46	0.54	2.08
El Platanito	Valparaíso	22° 36'	104° 03'	1030	1.58	0.42	1.84
El Rusio	Villa Hidalgo	22° 26'	101° 47'	2122	1.66	0.35	1.69
El Sauz	Fresnillo	23° 16'	103° 06'	2096	1.51	0.49	1.99
Excamé III	Tepechitlán	21° 38'	103° 20'	1740	1.62	0.38	1.76
Fresnillo	Fresnillo	23° 10'	102° 53'	2201	1.55	0.45	1.89
Gral. Gpe. Victoria	Noria De Ángeles	22° 43'	101° 49'	2132	1.79	0.21	1.42
Gruñidora	Mazapil	24° 12'	101° 55'	1809	1.41	0.59	2.18
Huanusco	Huanusco	21° 46'	102° 58'	1490	1.50	0.50	2.01
Jerez	Jerez	22° 38'	103° 00'	2000	1.50	0.51	2.01
Jiménez del Téul	Jiménez del Téul	23° 14'	103° 48'	1924	1.44	0.56	2.11
Juchipila	Juchipila	21° 24'	103° 06'	1259	1.45	0.55	2.10
La Florida	Valparaíso	22° 41'	103° 36'	1840	1.61	0.39	1.79
La Villita	Tepechitlán	21° 36'	103° 20'	1786	1.59	0.41	1.82
Loreto	Loreto	22° 15'	101° 59'	2077	1.56	0.44	1.88
Monte Escobedo	Monte Escobedo	22° 18'	103° 33'	2182	1.57	0.43	1.85
Nochistlán	Nochistlán	21° 21'	102° 50'	1853	1.63	0.37	1.74
Ojocaliente	Ojocaliente	22° 34'	102° 16'	2062	1.41	0.59	2.17
Palomas	Villanueva	22° 20'	102° 47'	2025	1.55	0.45	1.89
Pinos	Pinos	22° 16'	101° 34'	2025	1.46	0.54	2.08
Presa El Chique	Tabasco	22° 00'	102° 53'	1648	1.53	0.48	1.95
Ramón López Velarde	Jerez	22° 49'	102° 57'	2045	1.60	0.40	1.80
San Gil	Gral. Fco. Murguía	24° 11'	102° 58'	1829	1.49	0.51	2.01
San Pedro Piedra Gorda	Cuauhtémoc	22° 27'	102° 20'	2053	1.52	0.48	1.95
Santa Rosa	Fresnillo	22° 55'	103° 06'	2236	1.45	0.55	2.10
Téul de González Ortega	Téul de González Ortega	21° 28'	103° 27'	1909	1.56	0.44	1.87
Tlaltenango	Tlaltenango	21° 46'	103° 18'	1685	1.54	0.46	1.92
Villa de Cos	Villa de Cos	23° 17'	102° 20'	1991	1.47	0.53	2.07
Villanueva	Villanueva	22° 21'	102° 53'	1935	1.48	0.52	2.04
Zacatecas	Zacatecas	22° 45'	102° 34'	2352	1.58	0.42	1.84

Nota: Para el análisis se consideraron series de estaciones con registros de precipitación de al menos 30 años.

Cuadro 2. Análisis de correlación entre coordenadas geográficas y estadísticos de fractalidad para las series de anomalías de precipitación del estado de Zacatecas.

	Media	Desviación Estándar	Longitud	Latitud	Ds	H
Longitud	-102.868	0.663422	1.000000			
Latitud	22.638	0.848092	0.156334	1.000000		
Ds	1.530	0.082266	0.085245	**-0.412217**	1.00000	
H	0.470	0.082266	-0.085245	**0.412217**	-1.00000	1.00000

Nota: Coeficientes de correlación en negrita son significativos a $p < 0.05$; n=32

Conclusiones

El enfoque de análisis espectral de las series de tiempo de las anomalías de la precipitación resultó de gran utilidad para entender el comportamiento de esta variable climática en el estado de Zacatecas. Los resultados importantes muestran que existe una correlación negativa significativa entre la Ds de las anomalías de precipitación y la latitud, así como una correlación positiva significativa entre H de las anomalías de precipitación y la latitud. Estos resultados sugieren que los valores de Ds de las anomalías de precipitación en el estado de Zacatecas disminuyen a medida que aumenta la latitud, y que los valores de H de las anomalías de precipitación se incrementan conforme aumenta la latitud. Nuestros hallazgos sugieren que las anomalías de precipitación pluvial en el estado de Zacatecas son más impredecibles en la región sur.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo al FoMix Zacatecas–CoNaCyT por el apoyo al proyecto M0024–2005–1–16085.

Bibliografía

Dimri V.P. 2005. Fractal behaviour of the earth system. Springer. 208 pp.

Hartmann ., Becker S., King L. 2008. Quasi-periodicities in Chinese precipitation time series. Theor. Appl. Climatol. 92: 155-163.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2007. Climatic Change 2007: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Jianhai Y., Xiaojun Z., and Pengjian Shang. 2010. Effect of Trends on Detrended Fluctuation Analysis of Precipitation Series, Mathematical Problems in Engineering. 2010: 1-15.

Kharin V.V., Zwiers F.W., Zhang X, Hegerl G.C. 2007. Changes in temperature and precipitation extremes in the IPCC ensemble of global coupled model simulations. J. Clim. 20: 1419-1444.

Maraun D., Kurths J. 2004. Cross wavelet analysis: significance testing and pitfalls. Nonlin. Processes Geophys. 11: 505-514.

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.

Valdez–Cepeda, R.D., Aguilar–Campos, A.A., Blanco–Macías, F., Miramontes de León, G., Méndez–Gallegos, S.J., and Magallanes–Quintanar, R. 2012. Analysis of precipitation in Central México: Trends, self-affinity and important frequencies. IJPS 7(34): 5314-5326.

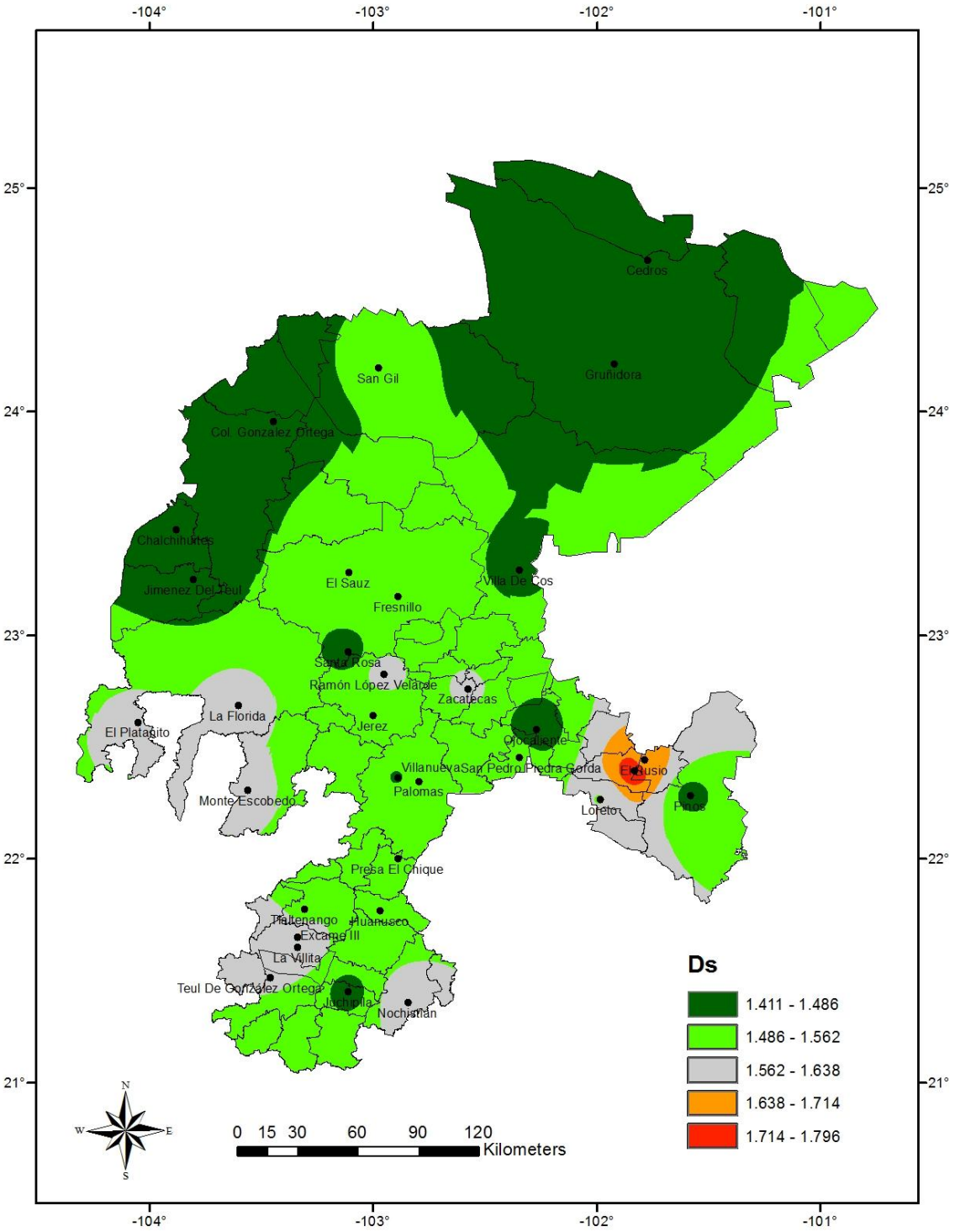


Figura 1. Dimensión fractal (Ds) de las anomalías de precipitación en el estado de Zacatecas.

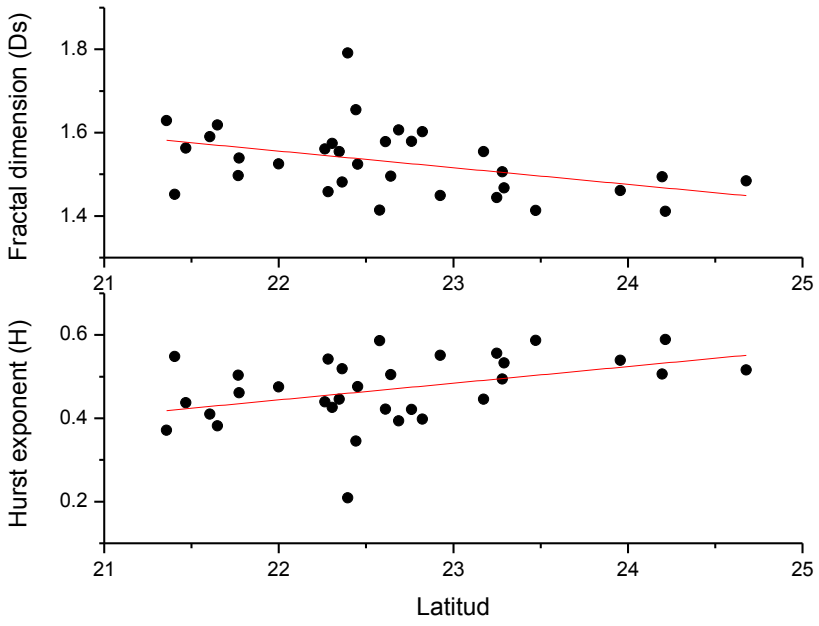


Figura 2. Modelos lineales entre latitud geográfica y Dimensión fractal (Ds pp = 2.4354 - 0.04*Lat; R= -0.4122, p = 0.0191; R^2 = 0.1699) y latitud geográfica y exponente de Hurst (H pp = -0.4354 + 0.04*Lat; R = 0.4122, p = 0.0191; R^2 = 0.1699) de las anomalías de precipitación en el estado de Zacatecas.

HUMEDAD EN SUELO Y CAMBIO CLIMÁTICO: SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE CHAPINGO, MÉXICO

Monterroso-Rivas, A. I.*; Gómez-Díaz, J. D.; Sebastián-Silva L. M.

Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo

* Autor responsable: aimrivas@correo.chapingo.mx; km 38.5 Carretera México Texcoco, Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México 56230; +52 595 9521500 Ext 6153

Resumen

El sector agropecuario es sensible a variaciones climáticas y puede ser uno de los más afectados a consecuencia del calentamiento global. En este trabajo se realizo un estudio de modelación climática para estimar los impactos del cambio climático sobre la humedad de los suelos y el cultivo de maíz. Se obtuvieron datos históricos para el periodo 2000-2010 del rendimiento del maíz y datos de temperatura, precipitación y humedad relativa, tomados de la estación meteorológica de Chapingo. Se validó un modelo para estimar el rendimiento en los años estudiados y después se comparó con el rendimiento histórico de los mismos años. Se obtuvieron las razones de cambio futuro para el clima al año 2050 y 2080, volviendo a correr el modelo con nuevas salidas de temperatura, precipitación y humedad relativa. Los resultados muestran que los rendimientos de maíz en el campo agrícola al año 2050 se reducirán en 48% mientras que para el 2080 el rendimiento bajara a 42%. En el modelo se consideró que no habrá ningún cambio en el manejo del suelo, ni el proceso de producción ni la disponibilidad de agua para riego durante los años estudiados. Las proyecciones climáticas advierten un incremento en la temperatura y una reducción en la precipitación, aumentando el riesgo de pérdidas económicas en el sector agrícola.

Palabras clave: Rendimiento; Humedad en Suelo; Maíz; Cambio climático

Introducción

Los elementos del clima, precipitación y temperatura, son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de los cultivos básicos en México. Si el clima se manifiesta con cambios, habrá repercusiones en la producción de cultivos, ya sea en el aumento o disminución de los rendimientos y de la producción agrícola en general. El rendimiento del cultivo de maíz en el campo agrícola experimental de la universidad no ha variado considerablemente en los últimos 10 años, teniéndose que como promedio se han cosechado 6 ton/ha/año. En el periodo de 2000 a 2010, los años de estudio, se presentó una temperatura máxima promedio de 24.6°C, una temperatura mínima promedio de 7.23°C y una precipitación media anual de 644.7mm. La temperatura umbral de crecimiento del maíz suponiendo una buena disponibilidad de agua se alcanza con temperaturas de entre 28 y 30^{0}C. Un cultivo de grano como el maíz exige entre 400 y 800mm de agua (Reyes, 1990). Sin embargo, sabiendo que las variables climáticas cambiarán en el futuro, es importante estimar la producción futura del cultivo ya que un posible cambio en el rendimiento puede afectar aspectos socioeconómicos importantes. En los campos de la universidad no se está exento de esta problemática y es en los sitios experimentales donde se encuentra el mejor espacio para estimar los posibles impactos del cambio climático. De tal manera que será posible hacer extenso el conocimiento a los agricultores del área de influencia y buscar las mejores medidas de adaptación.

Por eso, este trabajo se enfoca en presentar los avances que se tienen sobre un estudio climático para conocer la situación futura del cultivo del maíz.

El objetivo del trabajo fue realizar un estudio de modelación climática que permita estimar los posibles impactos del cambio climático sobre el cultivo de maíz.

Materiales y Métodos

Se tomó información histórica de la estación meteorológica de Chapingo, sobre las variables climáticas: temperatura mínima, temperatura máxima y temperatura media mensual, precipitación mensual y humedad relativa máxima, mínima y media mensual. Lo anterior para los años 2000 a 2010. También se consultaron los rendimientos históricos del cultivo de maíz así como los procesos de producción que se siguen en el campo agrícola experimental de la universidad. Para modelar los rendimientos de los años observados se utilizó el software AquaCrop (FAO, 2010).

Se comparó la información observada con la estimada y se validó el modelo de producción de maíz. Fue necesario generar un archivo para cada año con los datos meteorológicos recolectados, para estimar la evapotranspiración del cultivo. También fue necesario elaborar archivos de manejo del cultivo (en particular sobre tipo de riego, lámina de riego, nivel de fertilidad del suelo y porcentaje de materia orgánica), las características del suelo (horizontes de suelo, textura y profundidad de suelo) y del cultivo (tipo de cultivo, fecha de siembra, tipo de siembra y periodo de crecimiento, días de maduración, días de emergencia, días de floración y altura máxima de la planta). Completada la información base se aplicó el modelo para cada año entre el 2000 y el 2010 para estimar los rendimientos del cultivo de maíz. Los rendimientos obtenidos se compararon con los rendimientos observados en el campo agrícola. De esta forma se dio por válido el modelo y se generaron los escenarios de cambio climático para el futuro. Para aplicar los escenarios de cambio climático se utilizaron los cambios para el 2050 y 2080 según 3 modelos (CCCMA, SCIRO y MIROC) y dos escenarios socioeconómicos (A2 y B1). Estos cambios fueron obtenidos para temperatura (°C), precipitación (mm) y humedad relativa (%). Se aplicaron los cambios sobre las temperaturas base y se ejecutó el modelo para obtener los escenarios futuros para el área de estudio. Con las nuevas variables se elaboró la modelación futura sobre la humedad en el suelo y el rendimiento del maíz.

Resultados y Discusión

En el cuadro 1 se muestran los rendimientos del maíz obtenidos en los años estudiados así como el estimado resultado de la aplicación del modelo obtenido. De los once años analizados, en tres de ellos; 2000, 2006 y 2008, los rendimientos obtenidos en el campo agrícola experimental fueron menores a las 6 tn/ha. El modelo reprodujo muy bien lo anterior, ya que los rendimientos estimados fueron consistentes con lo observado. La diferencia que se obtuvo entre los rendimientos estimados con el modelo y con los rendimientos obtenidos en campo no es significativa. En solo cuatro de las once observaciones el modelo estimó rendimiento ligeramente por debajo de los obtenidos; en promedio, se estimó 0.2 toneladas menos que las observadas. En el caso de las sobre estimaciones, en promedio el modelo calculó 0.4 toneladas más que las observadas en siete de los años analizados. De la información climática se puede señalar que el año más húmedo fue 2007 con 928.6mm de lluvia total anual, mientras que el más seco fue el año 2008 con 416.8mm. Sobre la temperatura mínima la observación más baja fue de 6.24^0C en el año 2008 y la temperatura máxima más alta fue de 25^0C en el año 2005.

Los escenarios de cambio climático señalan que para el año 2050 el modelo que predice menor precipitación es MIROC32 según el escenario A2, el modelo CSIRO_B1 predice la mayor precipitación, el modelo CSIRO_B1 predice la temperatura mínima en 8.3ºC mientras que el modelo MIROC32_A2 predice la misma variable en 11.7ºC, el modelo CSIRO_B1 indica que la temperatura máxima será de 25.9 ºC mientras que el modelo MIROC23_A2 la predice en 30.2ºC. En el caso del año 2080 los modelos sugieren que el comportamiento seguirá cambiando (Cuadro 3). Para el año 2050 todos los modelos indican que habrá un rendimiento menor con respecto al rendimiento promedio estimado, dado que bajará de 6.34 t/ha a 2.64 t/ha. Para el año 2080 los modelos también indican que el rendimiento estará por debajo del promedio estimado y será de 6.34 t/ha a 3.02t/ha en promedio.

Cuadro1. Rendimientos observados y estimados para maíz en área de Chapingo.

Año	Rendimiento (ton/ha) Observado	Estimado	Diferencia (ton/ha)
2000	5.80	5.832	0.03
2001	6.25	6.063	-0.19
2002	6.21	6.400	0.19
2003	6.80	6.704	-0.10
2004	6.70	6.262	-0.44
2005	6.90	6.930	0.03
2006	5.20	5.915	0.72
2007	6.42	6.226	-0.19
2008	5.38	5.810	0.43
2009	6.34	6.729	0.39
2010	6.50	6.867	0.37

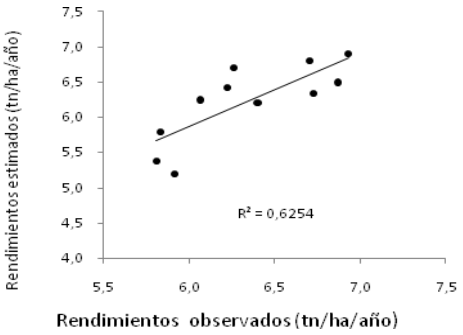


Figura 1. Rendimientos observados y estimados.

Cuadro 3.- Variables climaticas al año 2050 y 2080 para la zona de estudio datos anuales por modelo

Año	2050			2080			Rend estimado	
Modelo	pp (mm)	TMin(ºC)	Tmax(ºC)	pp (mm)	TMin(ºC)	Tmax(ºC)	2050	2080
CCCMA_A2	440	10.8	30.1	503	9.4	28.2	2.72	3.11
CCCMA_B1	537	9.2	27.4	544	9	27.1	2.64	3.01
CSIRO_A2	624	9.6	28.1	565	8.7	26.7	2.56	3.01
CSIRO_B1	627	8.3	25.9	565	8.7	26.7	2.42	2.77
MIROC32_A2	272	11.7	30.2	592	9	25.7	2.77	3.13
MIROC32_B1	435	10.1	28.3	329	9.8	28	2.70	3.1
Base (2000-2010)	644	7.2	24.5	644	7.2	24.5	6.34	

La diferencia entre los rendimientos estimados con el modelo y los de campo no fue significativa. En cuatro de las once observaciones el modelo estimó rendimiento ligeramente por debajo de los obtenidos; en promedio se estimó 0.2 t menos que las observadas. En el caso de las sobre estimaciones, en promedio el modelo calculó 0.4 t más que las observadas en siete de los años analizados. Para cumplir el objetivo de este estudio se consideró suficiente, dado que al tener datos estimados por el modelo similares a los obtenidos en campo es posible extrapolar y aplicar los modelos de cambio climático; entonces, el cultivo de maíz será modificado por las alteraciones del clima. Los modelos indican que habrá menos lluvia mientras que las temperaturas aumentarán, por consiguiente el rendimiento del maíz se verá modificado hacia disminución. De acuerdo a las proyecciones el rendimiento del maíz para el año 2050 disminuye a 42% mientras que para el año 2080 se reducirá a 48%. En el modelo para estimar el rendimiento, el software AquaCrop solo consideró el cambio en las variaciones de clima, los parámetros de manejo del cultivo y el tipo de suelo siguen siendo el mismo, es decir de todas las variables que considera el modelo el único que cambia es el clima, consideramos que el aporte de agua de riego, las condiciones de manejo del suelo como la fertilidad y el contenido de MO seguirán siendo el mismo, cada modelo difiere en su predicción pero no existe gran variación en cada una de ellas.

Conclusiones

Los escenarios de cambio climático muestran un aumento de la temperatura, tanto máxima como mínima; mientras que las precipitaciones se verán reducidas. Por lo anterior, el maíz cambiará y reducirá su rendimiento. Es necesario tomar en cuenta que el rendimiento de un cultivo está determinado no solo por condiciones meteorológicas del ambiente y el suelo sino también por características genéticas. De esta manera se deben abrir más líneas de investigación sobre el impacto del cambio climático en el sector agrícola para tomar mejores medidas de adaptación.

Bibliografía

FAO. 2010. Manual de operación del modelo AquaCrop. FAO, Roma, Italia.
Reyes, 1990. El cultivo del maíz en México. A. G. T. Editorial. S. A. México D. F. p. 460

ALTERACIÓN DE FERTILIDAD DEL SUELO DEBIDO A LA IRRIGACIÓN Y AL CAMBIO CLIMÁTICO

Nikolskii G. L.[1*], Bakhlaeva E. O.[1], Herrera G. S.[2]

[1] **Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco, Km. 36.5. Estado de México, México.**
[2] **SAGARPA, Av. Municipio Libre, 377, Col. Santa Cruz Atoyac, Del. Benito Juárez, DF, México.**
[3] **Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, Apartado postal 421, Veracruz, Estado de Veracruz, México.**

*Autor responsable: nikolski@colpos.mx; Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco, Km. 36.5. Estado de México, México. C.P. 56230. Tel. +52(595)9520200 Ext. 1175.

Resumen

La irrigación causa impactos directos e indirectos en el suelo. La forma directa está relacionada con la influencia de la calidad de agua aplicada en algunas propiedades del suelo. La forma indirecta considera alteración del régimen hidrotérmico de terrenos bajo riego, lo que modifica condiciones de formación del suelo y causa alteración de su fertilidad. El cambio climático también provoca alteración del régimen hidrotérmico y fertilidad del suelo. Para estimar el impacto indirecto de riego y del cambio climático en el suelo existe un enfoque basado en establecimiento y comparación de las relaciones cuantitativas entre algunas propiedades *f* de suelos vírgenes y suelos bajo riego ubicado en diferentes zonas climáticas en los terrenos geomorfologicamente homogéneos en función del índice hidrotérmico local *IHT*. En el trabajo se presentan las gráficas *f*(*IHT*) y se proporciona su interpretación. El análisis señala que actualmente la irrigación causa deterioro de fertilidad de suelos en las zonas semiárida, semihúmeda y tropical húmeda de México hasta un 25%, mientras que en la zona árida (donde se ubica mayor parte de los terrenos bajo riego) el impacto de irrigación en el suelo es positivo. Los suelos agrícolas más sensibles al cambio climático, se ubican en las zonas climáticas semiárida, semihúmeda y tropical húmeda y seca de México. Se espera que en transcurso del siglo XXI la fertilidad del suelo bajo riego adicionalmente pueda modificarse aproximadamente dentro del intervalo de - 25 a +15% en función de la zona climática de México y del escenario climático.

Palabras clave: Zonificación de suelos, índice climático, régimen hídrico

Introducción

El riego afecta en forma positiva o negativa a la fertilidad de los suelos. El efecto negativo se asocia generalmente con el uso del agua de mala calidad (por ejemplo, agua salada, o agua residual tratada o no tratada), con la salinidad, sodicidad o la contaminación del suelo, así como con la erosión del mismo. El riego con agua de buena calidad debería siempre mejorar la fertilidad del suelo. Sin embargo, hay algunos estudios los cuales señalan que el riego con agua dulce puede causar el deterioro gradual de la fertilidad del suelo en transcurso de varias décadas, aun no se observa ni la erosión del suelo, ni su salinidad o sodicidad.

Mekonnen *et al*. (2008) señalan que la irrigación por gravedad con agua dulce durante 20-30 años causó una reducción de materia orgánica en 0.4-1% en promedio (hasta un 3,2% en algunas parcelas), una ligera acumulación de magnesio intercambiable y acumulación de fósforo disponible, en comparación con los suelos no irrigados. El cambio en el contenido de calcio y sodio intercambiables varió de reducción a la acumulación en función de la zona climática. Este ejemplo corresponde a las zonas climáticas con temperaturas medias anuales de 20 a 23°C, precipitaciones

1000-2000 mm/año, suelos como Alisoles, Fulvisols, Vertisoles y Cambisoles con más de 30% de arcilla y más de 2 m de profundidad, altitudes 1700 -2200 msnm, terrenos con pendientes relativamente pequeños (<5%) y con cultivos como maíz, trigo, cebada y algunas verduras. El agua de riego tuvo un *pH* = 7-8 y conductividad eléctrica *CE* = 180-260 μS / cm.

El cambio climático puede causar en México un incremento de la temperatura promedio anual de 1 a 4 ^{o}C y cambios en la precipitación promedio anual de 0.4 a 1.4 veces dependiendo de la región del país durante el presente siglo en función del escenario de crecimiento poblacional y desarrollo tecnológico y económico (Conde *et al*., 2008).

En las zonas tradicionales de riego se espera una reducción de la precipitación promedio anual de 10-30% hacia la mitad del siglo XXI, un crecimiento de la temperatura del aíre en 2,3±1,0°C y un crecimiento de la tasa de la evapotranspiración potencial dentro del 10%. Esto significa que en caso de que se cumplan las predicciones climáticas las regiones tradicionales de riego de México van a sufrir mayor deficiencia del agua de riego.

Entonces, es necesario estimar el impacto de riego en el suelo en diferentes zonas climáticas. El objetivo principal del trabajo presente es mostrar algunos resultados de análisis del impacto de riego sobre algunas propiedades y fertilidad integral del suelo.

Materiales y Métodos

Para estimar el impacto potencial de riego en suelo se compararon los valores modales regionales de las propiedades del suelo bajo riego con las propiedades de suelos vírgenes no usados en la agricultura en las mismas zonas climáticas de México. Los suelos seleccionados bajo riego y vírgenes se encuentran en los terrenos planos (con pendientes menores de 1%), geomorfológicos homogéneos.

Se aplicó el enfoque de Volobuev (1974) para establecer las relaciones cuantitativas entre las condiciones climáticas y algunas propiedades químicas y físicas del suelo típicas para cada zona climática. De acuerdo con este enfoque, en condiciones naturales se puede establecer una cierta relación entre algunas propiedades regionales del suelo y el índice climático IHT_{nat}, para grupos de suelos geomorfológicamente homogéneos con similar mineralogía y textura del subsuelo (Volobuev, 1974; Aidarov, 1985). Este enfoque esta basado en la Ley Geográfica de Zonificación de los Suelos Naturales (Buol, Hole y McCracken, 1990). El índice climático promedio anual IHT_{nat} (o el índice hidrotérmico) se calcula así (Volobuyev, 1974):

$$IHT_{nat} = R_{nat}/L(Pr - S_{nat}) \quad (1)$$

Donde: IHT_{nat} es adimensional; L es el calor latente de evaporación (2.51 MJ m^{-2} mm^{-1}); Rn_{nat}, Pr y S_{nat} son los valores promedio anuales típicos para las condiciones naturales (sin riego) de la radiación neta (en MJ m^{-2} año^{-1}), precipitación (en mm año^{-1}) y escurrimiento superficial (en mm año^{-1}), respectivamente. El valor de $Pr - S_{nat}$ corresponde a la cantidad de agua que anualmente recibe el suelo y utiliza para su formación. Una fracción de la radiación neta (R_{fs}) se utiliza en diferentes procesos (biológicos, químicos y físicos) de formación del suelo. El valor de R_{fs} (en kJ m^{-2} año^{-1}) se puede estimar con la siguiente fórmula (Volobuyev, 1974):

$$R_{fs} = R_{nat} e^{-0.47 IHT_{nat}} \quad (2)$$

En las condiciones bajo riego el proceso de formación del suelo sufre los cambios debido a la modificación del índice hidrotérmico del IHT_{nat} al IHT_{ir}:

$$IHT_{ir} = Rn_{ir}/L(Pr + Ir - S_{ir}) \quad (3)$$

Donde: *Ir* es la lámina promedio anual de riego neta típica para el sitio de referencia (en mm año^{-1}); IHT_{ir}, Rn_{ir} y S_{ir} son los valores del índice, radiación neta y escurrimiento superficial correspondientes a las condiciones bajo riego.

Esto significa que el suelo irrigado debería llegar a un nuevo equilibrio con el nuevo régimen hidrotérmico en comparación con el suelo virgen no usado en la agricultura antes de aplicación del riego.

Para estimar el impacto de irrigación sobre el suelo a largo plazo fue necesario establecer y comparar las relaciones entre las propiedades principales biológicas y químicas de los suelos vírgenes no usados en la agricultura (f_{nat}) y los suelos agrícolas bajo riego (f_{ir}) responsables por su fertilidad dentro de los grupos geomorfológicamente homogéneos con la mineralogía y textura del subsuelo similar en función del IHT_{nat}.

Se ha calculado el índice integral de fertilidad del suelo (F_{nat} o F_{ir}) en función de las propiedades (f_{nat} o f_{ir}) tales como el contenido de materia orgánica (*MO*), de potasio (*K*) y fósforo (*P*), así como los valores de *pH* (Pegov, Jomyakov, 1991):

$$F = 0.46\frac{MO}{MO_{max}} + 0.28\sqrt{\frac{P}{P_{max}} * \frac{K}{K_{max}}} + 0.26\ e^{-\left(\frac{pH-6}{2}\right)^2} \qquad (4)$$

Donde $MO_{\max}$, $P_{\max}$ y $K_{\max}$ son contenidos máximos de *MO*, *P* y *K* observados en los datos comparados y correspondientes a los suelos vírgenes y bajo riego. El índice *F* es adimensional y varía de 0 (en caso del suelo completamente degradado) hasta 1 (en caso del suelo de máxima fertilidad).

Después se han construido y comparado las gráficas $F_{nat}(IHT_{nat})$ y $F_{ir}(IHT_{nat})$ utilizando las gráficas anteriores de $f_{nat}(IHT_{nat})$ y $f_{ir}(IHT_{nat})$.

Los suelos principales son Phaeozems (en las regiones semiáridas y semihúmedas del parte central del país), Xerosoles y Rendzinas; Kashtanozems en las zonas áridas y semiáridas de las regiones central y norte, y Luvisoles y Vertisoles en las regiones templadas y tropicales (árido y húmedo) en la parte sureste del país (INEGI, 2004, FAO, 2006; Krasilnikov *et al*, 2011). La profundidad de los suelos por lo general superior a 1,5 m.

Los intervalos medios para las zonas climáticas y promedio anuales de cambio en la precipitación media (*Pr*), la evapotranspiración potencial anual (*ET*), y la lámina neta de riego (*Ir*) (para los cultivos de maíz y trigo junto con los cultivos de la rotación anual) son (IMTA, 2006; CONAGUA, 2009):

$1 \geq IHT_{nat} > 0.4$	$1500 \leq Pr < 3500$mm	ET = 800-950mm	Ir = 600-900mm
$2 \geq IHT_{nat} > 1$	$1000 \leq Pr < 1500$mm	ET = 850-1150mm	Ir = 750-1050mm
$3.5 \geq IHT_{nat} > 2$	$350 \leq Pr < 1000$ mm	ET = 1000-1300mm	Ir = 900-1100mm
$8 \geq IHT_{nat} > 3.5$	$150 \leq Pr < 350$ mm	ET = 1300-1500mm	Ir = 1000-1200mm

Para estimar el impacto potencial de irrigación en el suelo en futuro en relación con los escenarios existentes del cambio climático:

1. Se ha determinado el cambio del índice climático IHT_{nat} en diferentes zonas climáticas en función de los escenarios climáticos para mitad del siglo XXI.
2. Estimación del cambio de las láminas de riego netas *Ir* para el ciclo de los cultivos de referencia (maíz y trigo) en función de los escenarios climáticos para el mismo período futuro.
3. Pronóstico del cambio del valor regional del índice integral de fertilidad del suelo bajo riego (F_r^{futuro}) el mismo período futuro.

Resultados y Discusión

Las gráficas de las relaciones entre las propiedades regionales modales de los suelos vírgenes y suelos bajo riego en función del índice climático IHT_{nat} que se muestran en las Figuras 1 y 2, donde también se muestran los intervalos de confianza del 95% de probabilidad.

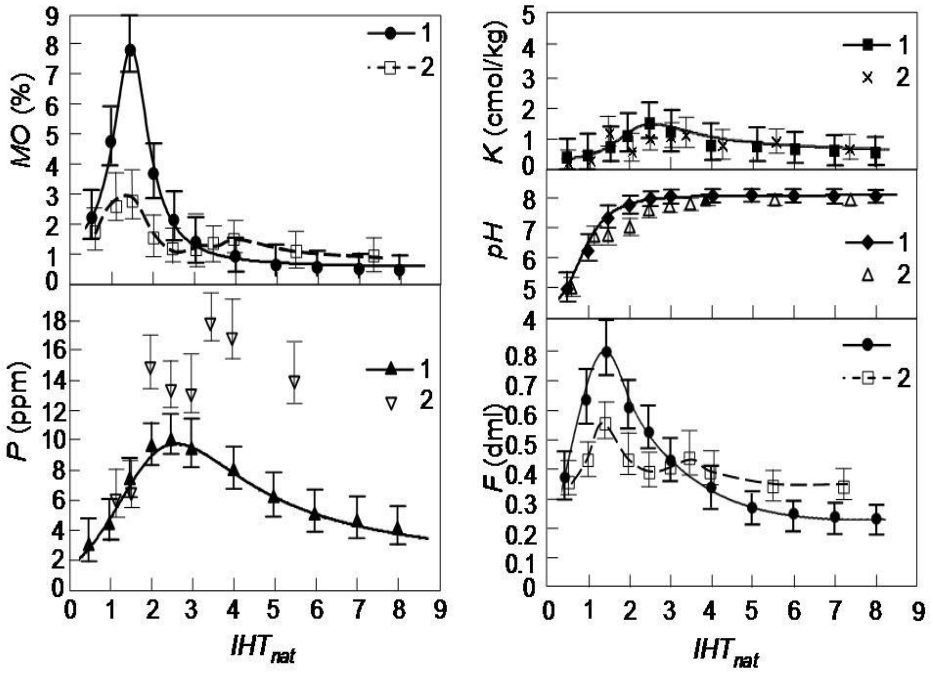


Fig. 1. Dependencia de los valores modales regionales del contenido de materia orgánica (*MO*), fósforo disponible para los cultivos (*P*), potasio intercambiable (*K*), valores de *pH* y del índice integral de fertilidad (*F*) en los suelos bajo riego (1) y vírgenes no irrigados (2) en función del índice climático IHT_{nat}

Como se ve, las gráficas de distribución de potasio intercambiable y de *pH* para los suelos vírgenes y bajo riego son prácticamente idénticas. La distribución del contenido de materia orgánica, fósforo disponible y del índice integrante fertilidad del suelo es muy diferente (Fig. 1). Contenido de materia orgánica en los suelos bajo riego en las regiones centrales y del sur del país con un clima semihúmedo, semiárida y tropical ($0.4 < IHT_{nat} \leq 3.5$) es significativamente menor que en los suelos vírgenes.

Otra tendencia es que en las regiones áridas ($IHT_{nat} > 3.5$) los suelos irrigados tienen casi el doble del contenido de materia orgánica en comparación con los suelos vírgenes. Un aumento significativo se observa en el contenido de fósforo en los suelos bajo riego en todas las zonas climáticas (INEGI, 2004; FAO, 2006; Krasilnikov *et al*, 2011).

Al parecer, esto se debe a bastante altas dosis anuales del fertilizante de fósforo (60-180 kg/ha/año) que se aplican en los terrenos bajo riego. Los fertilizantes de potasio casi no se aplican (Fertimex, 1987). Análisis de los datos también muestra que el riego no dio lugar a un cambio notable en el contenido de arcilla y limo en los suelos. Por eso las gráficas del contenido de arcilla y limo no se presentan.

Como se ve en la Fig. 1, las prácticas actuales de riego causan disminución del índice integral de fertilidad de suelo *F* hasta un 25% principalmente en la zona semihúmeda donde $1 < IHT_{nat} < 2.5$. La Fig. 2 contiene las gráficas del cambio en la capacidad de intercambio de cationes (*CIC*) y en el contenido de *Ca*, *Mg* y *Na*. Los valores de *CIC* en los suelos bajo riego en las zonas semiárida, semihúmeda y tropical húmeda, donde $0.4 < IHT_{nat} < 2$, son menores que en los suelos vírgenes, especialmente en las zonas donde $1 \leq IHT_{nat} < 2$.

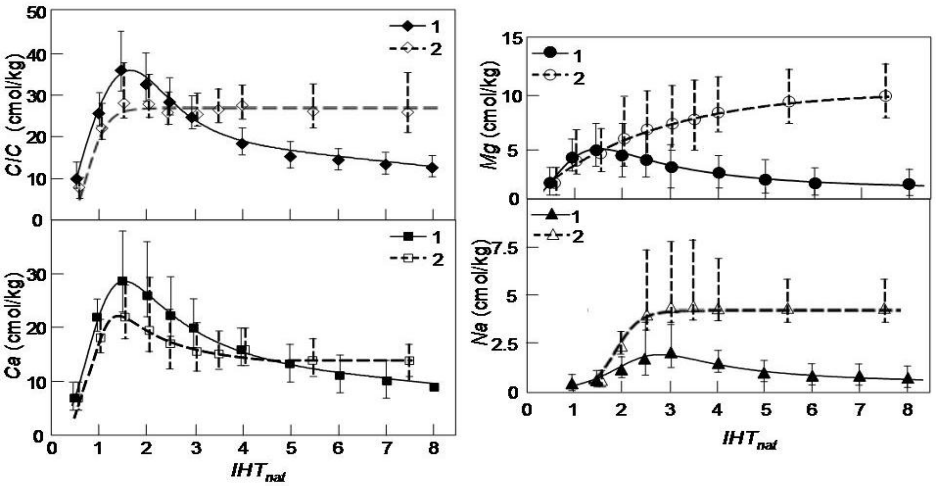


Fig. 2. Dependencia de los valores modales regionales de la capacidad de intercambio catiónico (*CIC*) y del contenido de los cationes intercambiables de calcio (*Ca*), magnesio (*Mg*) y sodio (*Na*) en los suelos bajo riego (1) y vírgenes no irrigados (2) en función del índice climático IHT_{nat}

Se observa un cambio en la composición de las bases absorbidas: contenido de calcio se reduce y el contenido de sodio se aumenta en las zonas donde $IHT_{nat} > 1.5$. En los terrenos bajo riego en la zona árida, donde $IHT_{nat} > 3.5$, la capacidad de intercambio catiónico y contenido de *Mg* y *Na* intercambiable aumenta en comparación con los suelos vírgenes. Además, se observó un ligero incremento en el *Ca* intercambiable en los suelos bajo riego en las zonas donde $IHT_{nat} > 5$. Una disminución en la cantidad de materia orgánica, *Ca* intercambiable y la capacidad de intercambio catiónico *CIC* de los suelos bajo riego en las zonas semiárida, semihúmeda y tropical húmeda, donde $IHT_{nat} < 3.5$, se debe al aumento en la percolación profunda del agua a través de perfil del suelo y la lixiviación de la materia orgánica y del *Ca* intercambiable. La dependencia del *pH* (IHT_{nat}) en los suelos vírgenes no irrigados y en los suelos bajo riego está relacionada, como se sabe, con el régimen hídrico del suelo y con la composición catiónica de la *CIC*. En los suelos de las zonas tropical húmeda y semihúmeda (donde $IHT_{nat} \leq 3$) el *pH* disminuye proporcionalmente al crecimiento de la intensidad de la percolación profunda de agua y reducción del contenido de cationes de calcio en la *CIC* (Aidarov, 1985). La intensificación del lavado de suelos en los terrenos bajo riego en las zonas semiárida y semihúmeda (especialmente donde $1,5 < IHT_{nat} < 3$) causó una disminución del *pH* (Fig. 2). En los suelos vírgenes y bajo riego en las zonas árida y semiárida, donde $IHT_{nat} > 3$ el valor de *pH* está relacionado principalmente con alto contenido de cationes de magnesio y sodio en la *CIC* (Aidarov, 1985). Tomando en cuenta el deterioro paulatino de la fertilidad de los suelos irrigados con aguas dulces en las zonas semiárida, semihúmeda y tropical, se puede que para conservar a largo plazo el suelo como un recurso natural, sería conveniente reducir las láminas promedio anuales netas de riego en estas zonas, determinando ellas no solamente desde el punto de vista de las necesidades de los cultivos agrícolas en el agua, sino también desde el punto de vista de conservación de la fertilidad de suelos. El propósito de una posible reducción de las láminas de riego es disminuir la intensidad del lavado de los suelos, lo que a su vez causaría conservación de la fertilidad del suelo. Para evitar una posible reducción en la productividad de los terrenos bajo riego en caso de reducción de las láminas de riego, es necesario mejorar la tecnología de riego, lo que causaría conservación de las reservas de agua disponibles para los cultivos reservas de cambio de la humedad del suelo es insignificante, pero disminuiría en mucho la intensidad del lavado de suelos. En las zonas tropicales húmeda y semihúmedo las láminas netas promedio anuales de riego no deben ser mayores que la escorrentía promedio anual de agua. Esta

escorrentía debe ser aumentada en los terrenos bajo riego mediante aplicación del drenaje agrícola, principalmente en la forma superficial. En caso de aplicación del drenaje las láminas de riego existentes se pueden conservar. Como una medida adicional para conservar la fertilidad de los suelos bajo riego en las zonas semiárida, semihúmeda y tropical, se puede sugerir aplicación de la labranza de conservación la que también puede reducir la intensidad de lavado de la capa arable del suelo. El cambio climático en las zonas principales de riego se espera va a causar disminución de la disponibilidad de agua en unos 20 a 30%. Para prevenir deterioro del suelo bajo riego en estas regiones será necesario aumentar la eficiencia de manejo de agua y a través de esto conservar, como será posible, las láminas netas de riego.

Conclusiones

Para evitar el deterioro observado de la fertilidad de los suelos bajo riego en las zonas climáticas semiárida y semihúmeda, donde el índice climático $IHT_{nat} < 3$, es necesario determinar las láminas de riego no solamente desde el punto de vista tradicional, basado en las necesidades de los cultivos agrícolas en el agua, sino también desde el punto de vista de la conservación y mejoramiento de la fertilidad del suelo como un recurso natural.

Bibliografía

Aidarov, I.P. 1985. Relaciones entre los Regímenes Hídrico, Salino y Nutritivo en los Suelos bajo Rriego. Publ. Agropromizdat, Moscú, URSS (en ruso).

Buol, S.W., F.D. Hole and R.J. McCracken. 1990. Genesis y Clasificación de Suelo. Ed. Trillas, México.

CONAGUA. 2009. Integración de Planes de Riego Autorizados para el Ciclo Agrícola 2008-2009. Publ. CONAGUA, México.

Conde, C., B. Martínez, O. Sánchez, F. Estrada, A. Fernández, J. Zavala y C. Gay. 2008. Escenarios de cambio climático (2030 y 2050) para México y Centro América. Temperatura y Precipitación. (en línea: www.atmosfera.unam.mx/gcclimatico/index.php?option=com_content&view=article&id=61&Itemid =74).

FAO. 2006. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Res. Rep. No. 103. Publ. IUSS Working Group WRB, Rome.

Fertimex. 1987. Guía Nacional de Fertilizacion y Combate de Plagas. Publ.SARH, Mexico.

IMTA. 2006. Extractor Rápido de Información Climatológica de México ERIC III. Base de datos en CD, v. 1.0. Ed. CNA-IMTA, Mexico.

INEGI. 2004. Conjunto de las Cartas de Topografía, Geología, Uso de Suelo y Edafología, de la República Mexicana. Publ. INEGI, Aguascalientes, México.

Krasilnikov, P., F.J. Jimenez-Nava, T. Reyna-Trujillo y N.E. Garcia-Calderon (Eds.). 2011. Geografía de Suelos de México, vol. I, Publ. UNAM, Mexico.

Mekonnen, G., A. Enyew and A. Asmare, 2011. Impacts of irrigation on soil characteristics of selected irrigation schemes in the Upper Blue Nile, *In*: Melesse, A.M. (Ed.), Nile River Basin. Hydrology, Climate and Water Use. Springer Science+Business Media Publ., London - New York.

Pegov, S.A. and P.M. Khomyakov. 1991. Modeling of the Development of Ecological Systems. Publ. Gidrometeoizdat, Leningrad, USSR [in Russian].

Volobuev V.R. 1974. Introducción en la Teoría sobre el Papel de Energía en la Formación del Suelo. Publ. Nauka, Moscú, USSR (en ruso).

CAUSAS DE LA DEGRADACIÓN DEL SUELO EN LA SIERRA NORTE DE PUEBLA, MÉXICO

Tamariz Flores, J. V., 1*; Linares Fleites, G.2; Ruiz Careaga, J. A. 2 y Castelán Vega, R. 2

[1]Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
[2] Posgrado en Ciencias Ambientales, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México.
* Autor responsable:Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 14 Sur 6301, San Manuel, Puebla, México. C.P.72570. Tel 222-2295500.
e-mail: jose.tamariz@correo.buap.mx

Resumen

Las relaciones entre el grado de erosión del suelo, su relieve, su profundidad y la pendiente que exhiben, son de gran importancia para realizar enfoques ambientalistas e incorporar conceptos de manejo y conservación de los suelos. En este trabajo se persigue como objetivo la aplicación del Análisis de Correspondencias Simples para determinar las causas de degradación del suelo a partir de algunas de las variables cualitativas que lo caracterizan y modelar el grado de erosión, categorizado en los niveles de bajo y alto, en función del relieve, la pendiente y la profundidad del suelo a través de la Regresión Logística Binaria. Las representaciones gráficas que se obtuvieron con estas técnicas, contribuyen a esclarecer las causas que determinan la degradación del suelo en la zona. El modelo de Regresión Logística obtenido corroboró que en los suelos de relieve montañoso y en pendientes de más de 30 cm., la degradación del suelo por erosión es muy fuerte por lo que es indispensable la aplicación integral de medidas encaminadas a la conservación de los suelos para que ayuden a disminuir la degradación del recurso, así como, a la recuperación paulatina de las áreas afectadas por la erosión.

Palabras clave: Erosión; conservación; degradación

Introducción

En el DICA se ha llevado a cabo un estudio de ZAE de la Sierra Norte de Puebla, México, logrando estudiar las posibles causas de degradación del suelo en laderas con el fin de dar alternativas ante dichos procesos y así encaminar a las comunidades hacia un desarrollo sustentable que les permita conservar sus recursos naturales (Altierie et al , 1999). Con la información disponible se realizó inicialmente un estudio exploratorio a través del Análisis de Correspondencias (Linares, *et al*, 2006). El hecho de que se manejen variables cualitativas confiere una característica distintiva a esta técnica y es que no se utilizan como datos las mediciones individuales, sino frecuencias de una tabla. Si sólo se tiene dos variables cualitativas, cada una de las cuales puede presentar varias modalidades o categorías se utiliza el llamado Análisis de Correspondencia Simples (ACS).

La modelación del grado de erosión de estos suelos en función del relieve, la pendiente y la profundidad, permite confirmar la hipótesis de la existencia de relaciones entre estas características, exploradas por el ACS. El grado de erosión fue categorizado en dos niveles (bajo y alto) por lo que se puede obtener una función de predicción a través de la Regresión Logística Binaria (RLB). En el desarrollo del trabajo se hace una caracterización de la zona de estudio y de la tabla de datos y, posteriormente, se exponen los estudios exploratorios y confirmatorios realizados con las técnicas de ACS y RLB.

Materiales y Métodos

La investigación fue desarrollada en el noroeste de la Sierra Norte de Puebla, abarcando a doce municipios (INEGI, 2010). Para determinar el grado de erosión de los suelos se realizó la prospección edafológica, (Ruiz et al, 1999) la cual consistió en recorridos de campo para realizar el mapa de suelos, la descripción de 260 perfiles de suelos y la toma de las características del entorno y su estado de degradación ambiental (Cotler et al. 2002). Después de seleccionar los perfiles más conservados, y que eran representativos de la zona de estudio se tomaron como Perfiles Patrón y se compararon con cada perfil de los sitios descritos para identificar las pérdidas sufridas del suelo. Se pudo diagnosticar la erosión dentro de las siguientes categorías o grados: Nula: cuando no se aprecia diferencia con el perfil patrón. Leve: si el suelo ha perdido al menos el 25% del espesor de su horizonte A. Moderada: cuando la perdida es de 75% o más. Fuerte. Cuando el suelo ha perdido el horizonte A y al menos el 25% del horizonte B. Muy fuerte: cuando el horizonte B se ha perdido hasta en un 75% o más. Los análisis estadísticos se realizaron a partir de una tabla de datos de dimensión 100 por 4, elaborándose las tablas de contingencias de interés. Las variables con sus correspondientes categorías se relacionan a continuación:
Grado de erosión (nada, leve, moderado, fuerte y muy fuerte).
Relieve (llano, casi llano, ligeramente ondulado, medianamente ondulado, ondulado, fuertemente ondulado, alomado, montañoso).
Pendiente (menor de 5%, entre 5 y 10, de 10 a 20, de 20 a 30, de 30 a 40 y más de 40%)
Profundidad del suelo (menos de 10 cm, de 10 a 20, de 20 a 40, de 40 a 60 y más de 60 cm). (Ruiz *et a*l, 2005).

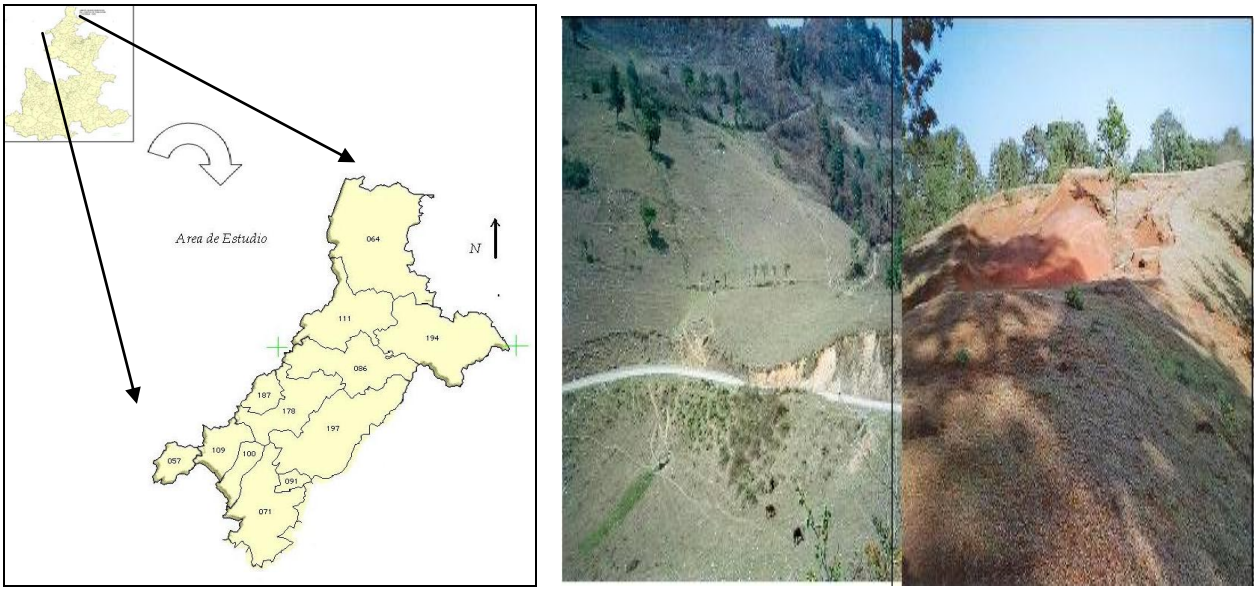


Fig. 1 Zona de estudio y Aspectos de erosión en el área

Resultados y Discusión

Análisis exploratorio a través del análisis de correspondencias simples (ACS).

El ACS está particularmente adaptado para tratar tablas de contingencias, representando los efectivos existentes en las múltiples categorías combinadas de dos variables cualitativas. Al cruzar en una tabla de contingencia el carácter I, con el carácter J (en columnas) podemos representar el número de unidades estadísticas que pertenecen simultáneamente a la modalidad i del carácter I y

a la modalidad j del carácter J mediante las frecuencias kij (Linares, 2006). Con el fin de estudiar las relaciones entre el conjunto de modalidades del carácter I (relieve, pendiente y profundidad del suelo) y las modalidades de carácter J (grado de erosión), se llevó a cabo un Análisis de Correspondencias Simples con estas parejas de variables cualitativas. Se utilizaron la distancia ji-cuadrado, el método de estandarización de centrar las filas y las columnas y el método de normalización simétrico donde para cada dimensión, las puntuaciones de las filas son la media ponderada de las puntuaciones de columna divididas por el valor propio coincidente y las puntuaciones de columna son las media ponderada de las puntuaciones de fila divididas por el valor propio coincidente. Finalmente, se hace la reducción a dos dimensiones, para obtener las representaciones gráficas respectivas.

Para el estudio de la relación del grado de erosión con el relieve se obtienen la tabla 1 y el grafico 1. Una reducción a dos dimensiones, tiene una inercia de 0.5855, de la que 0.5483 corresponden a la primera dimensión y 0.0372 a la segunda dimensión. La primera dimensión y más importante señala oposición entre relieves llanos y montañosos. El gráfico 1 muestra la cercanía de los puntos que representan las categorías de ambas variables, (relieve, pendiente y profundidad del suelo) evidenciándose que en relieve montañoso la erosión es muy fuerte, o que se ha reportado en numerosos trabajos (Hernández et al, 2006; Maass et al, 1988) mientras que en los suelos llanos, ligeramente o medianamente ondulados la erosión es leve o moderada.

Para el estudio del grado de erosión y la pendiente el gráfico 2. La representación gráfica muestra un 94% de la variabilidad total. La primera dimensión señala la oposición entre pendientes bajas y altas.

Gráfico 1. Representación en dos dimensiones del Relieve y el Grado de Erosión

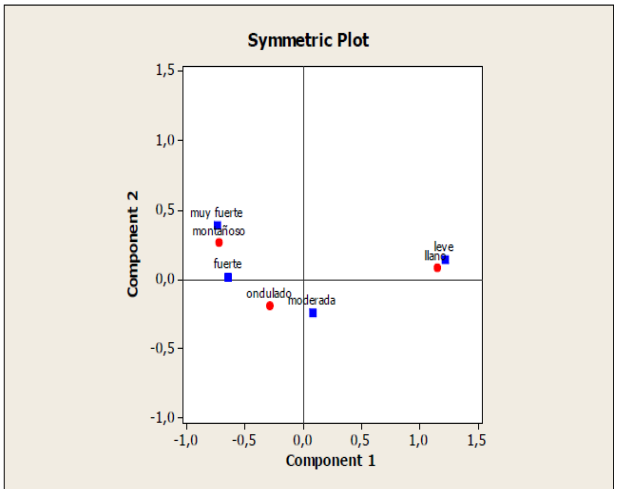
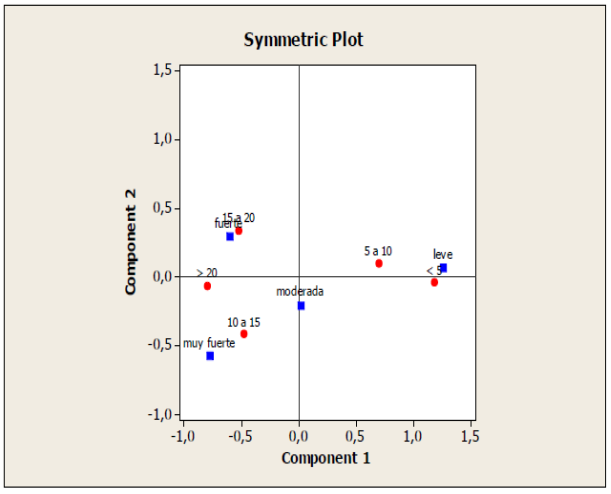
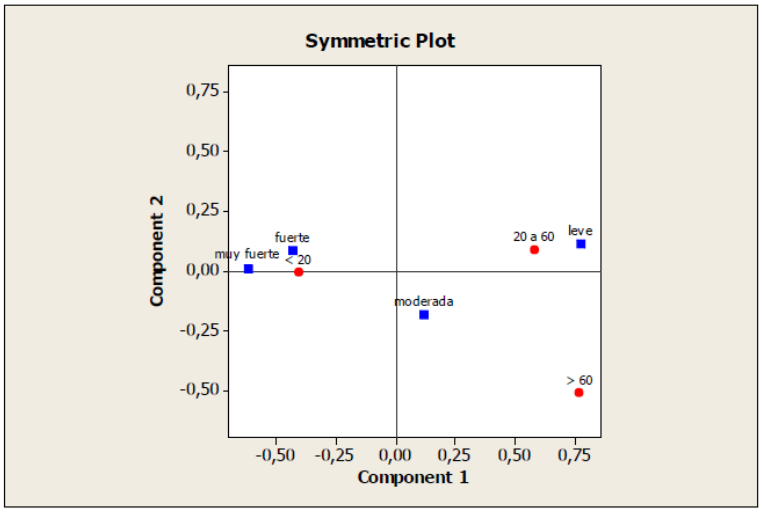


Gráfico 2. Representación en dos dimensiones de la Pendiente y el Grado de Erosión



Se aprecia que los puntos que indican erosión leve o nula están muy cercanos a las pendientes bajas (menor de 10), mientras que, por ejemplo, los puntos erosión “muy fuerte” y pendiente “de 10 a 15” están muy cercanos. De la misma manera ocurre con los puntos que representan la erosión fuerte y la pendiente de 10 a 20. Siguiendo la metodología anterior, el gráfico 3 permite analizar la relación entre el grado de erosión y la profundidad del suelo. La representación en dos dimensiones acumula el 100 % de inercia (0.2461 en la primera dimensión y 0.0159 en la segunda). Los puntos que representan los grados de erosión fuerte y muy fuerte están ubicados muy cercanamente al punto que representa profundidad del suelo menor a 20 cm.

Grafico 3. Tabla de Correspondencia entre Profundidad del Suelo y Grado de Erosión.



La tabla 1 resume los resultados. La interpretación de los coeficientes estimados en la RLB depende de la función de enlace, en nuestro caso, logit, del evento de referencia y de los niveles de los factores de referencia. Como puede apreciarse en la tabla por los valores de los coeficientes estimados y de la razones “odds”, todos los factores considerados tienen efecto sobre la respuesta, es decir que las variables (relieve, pendiente y profundidad del suelo) presentan un fuerte efecto en el grado de erosión (Martínez et al., 1999 y Velazquez et al., 2002). El estadístico G = 137,989 con 8 grado de libertad muestra un valor de p empírico de 0.00, indicando que existe suficiente evidencia de que al menos uno de los coeficientes es diferente de cero.

Cuadro 1. Regresión Logística Binaria para el grado de erosión versus el relieve, la profundidad y la pendiente

Predictor	Coeficiente	Error Estánda Coeficiente	Z	p	Razón “Odds”
Constante	21.2426	5477.85	0.00	0.997	
Relieve					
ondulado	-39.7172	9630.78	-0.00	0.997	0.00
montañoso	-40.8727.	13877.1	-0.00	0.998	0.00
Profundidad					
De 20-60	41.0708	5255.24	0.01	0.994	6.8680E+17
>60	80.5910	11575.5	0.01	0.994	1.0005E+35
Pendiente					
De 5 a 10	-1.89769	8660.31	-0.00	1.000	0.15
De 10 a 15	-2.07523	11269.4	-0.00	1.000	0.13
De 15 a 30	-2.15418.	11764.9	-0.00	1.000	0.12
>30	-41.8346	1667.9	-0.00	0.998	0.00

Obsérvese que, sin embargo, los valores de p empírico de las pruebas Z para cada coeficiente no permiten rechazar la hipótesis nula de que cada uno de los coeficientes es igual a cero, lo que pone de manifiesto problemas de multicolinealidad. Además de esta evidente contradicción entre las pruebas de hipótesis anteriores, obsérvese que los errores estándar de los coeficientes son valores

muy elevados y, por tanto, el modelo (aunque confirma las relaciones entre el grado de erosión y las características de los 48 suelos utilizadas como predictores) debe ser utilizado con precaución si se deseara hacer predicciones del grado de erosión de estos suelos.

Conclusiones

El Análisis de Correspondencias Simple, es una herramientas estadísticas de utilidad a los investigaciones en la Ciencia del Suelo, dado que le permite plantear hipótesis de investigación que luego podrán ser corroboradas con otros análisis confirmatorios. Las representaciones gráficas que se obtuvieron, contribuyen a esclarecer las causas y sus relaciones que determinan la degradación del suelo en la zona Noroeste de la Sierra Norte de Puebla.

El modelo de Regresión Logística obtenido corroboró que en los suelos de relieve montañoso y en pendientes de más de 30 º, la degradación del suelo por erosión es muy fuerte por lo que es indispensable la aplicación integral de medidas encaminadas a la conservación de los suelos y así detener los procesos de degradación en estas áreas de suelos de laderas.

Bibliografía

Altieri M. A., Hecht S., Liebman M., Magdoff F., Norgaard R., Thomas O. (1999). Agroecología. *Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo:Editorial Nordan–Comunidad*. Montevideo, 235.

Castelán, R. (2008). Estrategia de manejo integral de los recursos naturales de la subcuenca del río San Marcos, Puebla: Enfoque para un desarrollo sustentable. Tesis de Doctorado. Instituto de Ciencias. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.

Cotler H., E. Durán, C. Siebe (2002) Caracterización morfo-edafológica y calidad de sitio de un bosque tropical caducifolio F. Noguera, J.H. Vega, A.N. García, M. Quesada (Eds.), Historia Natural de Chamela, Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México (2002), pp. 17–79

Hernández, A., Ascanio, M., Morales, M., Bojórquez, J., García, N., García, J., (2006). El Suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo.

INEGI (2010), Serie IV de uso del suelo y vegetación a escala 1:250000, México (cd-rom).

Linares Fleites, G. (2006). Análisis de Datos Multivariados. Editorial Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Computación. México. 277p ISBN 968 9182.

Maass, J. M. C.F. Jordan, J. Sarukhan. (1988)Soil erosion and nutrient losses in seasonal tropical agro-ecosystems under various management techniques. Journal of Applied Ecology, 25 (1988), pp. 595–607

Martinez-Yrízar and Sarukhán, 1990, A. Martinez-Yrízar, J. Sarukhán. Litterfall patterns in a tropical deciduous forest in Mexico over a five-year period. Journal of Tropical Ecology, 6 (1990), pp. 433–444

Ruíz C., Tamaríz J.V., Calderón, E. (1999). *Manual de descripción de perfiles de suelos y evaluación del entorno.* México: Textos BUAP, 66.

SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 2002, SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 2002. Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México D.F., México, scale 1:250 000

Tamaríz J. V., Ruíz J.A., Castelán R. C., Cruz A., Romero G. (2009). *Degradación y Conservación de Suelos.* En medio Ambiente y Agricultura. México: BUAP, 9-44.

Velásquez et al., 2002. A. Velásquez, J.F. Maas, J.L. Palacio, G. Bocco. Land cover mapping to obtain a current profile of deforestation in Mexico. Unasylva, 53 (2002), pp. 37–40.

LA VEGETACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE ESCURRIMIENTOS EN EL ANP "SIERRA DE LOBOS" GUANAJUATO, MÉXICO

[1*] Valenzuela-Núñez, L.M.; [1] Márquez-Hernández, C.;

[2]Ríos-Saucedo JC; [3] Flores-Hernández, A
[1] Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad S/N, Gómez Palacio, Dgo. C. P. 35100. Tels. (871) 7152077
[2]INIFAP-CEVAG. Km. 4.5 Carr. Durango-Mezquital. Durango, Dgo.
[3] Universidad Autónoma Chapingo. URUZA. Bermejillo, Dgo. A. P. No. 8. C. P. 35230, Tels. (872) 7760160, 90

*Autor responsable: luisvn70hotmail.com, Facultad de Ciencias Biológicas Universidad Juárez del Estado de Durango, Av. Universidad S/N, Gómez Palacio, Dgo. C. P. 35100. Tels. (871) 7152077

Resumen

Este trabajo se llevó a cabo con el objetivo de presentar un inventario de la vegetación en la vertiente sur del ANP "Sierra de Lobos" en Guanajuato haciendo una descripción de las características fisonómicas y un análisis de la participación de la vegetación en la producción de escurrimientos y en la protección de los suelos mediante el análisis de la cobertura del suelo. Se encontraron 11 tipos de vegetación de acuerdo al INEGI que se simplificaron a cuatro grandes categorías: bosque, chaparral, matorral y pastizal. La vegetación ocupa 23 337.664 ha, la agricultura (3 336.307 ha) y las superficies sin vegetación (332.796 ha). El bosque es de gran importancia dado su efecto en la producción de escurrimientos y protección edáfica. El matorral no favorece mucho en la protección del suelo porque la cubierta es muy abierta, permitiendo que la lluvia impacte sobre el suelo. El pastizal es el tipo de vegetación que hace frente de manera más eficaz a la erosión causada por la lluvia por su crecimiento y su cubierta. El chaparral participa de manera importante en la intercepción de la precipitación disminuyendo los escurrimientos y la erosión hídrica.

Palabras clave: erosión, vegetación, precipitación, cartografía, uso de suelo

Introducción

Los tipos y diferentes formas de vegetación son el resultado de las condiciones climáticas, edáficas y topográficas (Deleage (1993), Drury y Nisbet (1973), Huston y Smith (1987)). El desarrollo de la vegetación, su incremento en biomasa y su distribución espacial se ven influenciados por dichas condiciones en diferentes magnitudes; además, atributos como la exposición, la pendiente, profundidad edáfica y el contenido de humedad entre otras, afectan el tipo de vegetación y su densidad (Krebs (1985) Martínez, (1985) Diamond (1977)). La protección del suelo depende de la cobertura vegetal y de los parámetros estructurales (características de altura, recubrimiento sobre el suelo y densidad), lo cual es el soporte de la función de la vegetación sobre los atributos hídricos (Tarin, S/A). La vegetación es una variable muy importante en la hidrología de los ecosistemas, en particular con los escurrimientos superficiales y los procesos erosivos que a su vez tienen una gran influencia sobre la disponibilidad del recurso agua y la conservación de suelos.

La producción de escurrimientos es un resultado del efecto combinado del recubrimiento por la vegetación y los factores del clima (Tarin S/A). La redistribución del escurrimiento es afectada por factores fisiográficos incluyendo el tamaño de la cuenca, la forma, la pendiente, la densidad del drenaje y la topografía (Kirkby y Morgan 1984). El presente trabajo se realizó con el objetivo de presentar un inventario de la superficie ocupada por la vegetación en la vertiente sur del Área Natural Protegida "Sierra de Lobos" en Guanajuato mediante una descripción de las características fisonómicas y el análisis de la participación de la vegetación en la producción de escurrimientos y protección de los suelos.

Materiales y métodos

Zona de estudio

El Área Natural Protegida "Sierra de Lobos" se localiza en la parte Noroeste del Estado de Guanajuato; hacia esa parte colinda con el estado de Jalisco, al Sur con el municipio de León, al Noreste y al Este colinda con el municipio de San Felipe y al Norte con el municipio de Ocampo. Por su localización geográfica, se encuentra entre los paralelos 21°08'51.94" y 21°30'16.50" de latitud norte y los meridianos 101°43'17.40'' y 101°17'20.59'' de longitud oeste. La fisiografía de esta zona de estudio forma parte de una zona mayor denominada Mesa del Centro, hacia el sur abarca una pequeña parte del Eje Neovolcánico. La zona de la Sierra de Lobos en su mayoría, está representada por sierras y lomerío.

Procesamiento de la información

Para el análisis de la cobertura del suelo a nivel de la región de estudio se realizaron varias etapas:

Interpretación cartográfica y digital de la cobertura del suelo.

a) Formulación de una leyenda adecuada de cobertura del terreno para la escala del trabajo, diseño de las bases de datos en un Sistema de Información Geográfica (SIG), selección de la referenciación espacial y proyección cartográfica común para los datos.

b) Interpretación de la cobertura del terreno sobre fotografías aéreas digitales tomadas en el año 2007 con sensores similares a los implementados por los satélites. Estos datos se interpretaron en forma visual, utilizando por un lado fotointerpretación monoscópica (tono, color, patrón, textura, tamaño, forma, emplazamiento) y por otro, verdad de campo adquirida en reconocimientos y verificación en el terreno, así como la bibliografía disponible. Esta interpretación dio como resultado los mapas de cobertura de suelo reciente a escala 1:50 000. Los mapas fueron digitalizados, etiquetados y sometidos a verificación del etiquetamiento y corrección de los polígonos con la ayuda del programa ArcMap 9.1.

c) La determinación de la cobertura de la vegetación se realizó con la ayuda del programa ArcMap 9.1. Para esto, se utilizaron las fotografías aéreas tomadas en 2007, las cuales permitieron un campo visual de 1000 m^2 de la superficie del suelo, de esta manera se estimó la cubierta vegetal en las formaciones más representativas.

Resultados y discusión

Se encontraron 11 tipos de vegetación en la vertiente sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos de acuerdo a los criterios de clasificación del INEGI en las cartas de Uso de Suelo y Vegetación que se enlistan a continuación: Bosque natural de encino, Bosque natural de enebro pino, Bosque natural de pino, Chaparral, Matorral espinoso, Matorral inerme, Matorral subinerme, Nopalera, Pastizal inducido, Pastizal natural, Vegetación secundaria matorral espinoso. El presente estudio se enfoca a los atributos de cobertura vegetacional por similitudes en su fisonomía y/o en su distribución general; los 11 tipos de vegetación se agruparon en cuatro grandes formaciones. La ocupación del suelo por la vegetación natural en el área es de 23 337.66 ha; el resto son áreas agrícolas (3 336.307 ha) y superficies sin vegetación aparente (332.796 ha).

Cuadro 1. Superficie ocupada por la vegetación natural en la vertiente sur del ANP "Sierra de Lobos", Gto.

Tipo de vegetación	Superficie	
	Ha	%
Bosque	5 058.14	18.74
Chaparral	121.19	0.44
Matorral	14 579.16	54.01
Pastizal	3 561.10	13.19
Agricultura	3 336.30	12.36
Sin vegetación	332.80	1.23
Total	**26 988.706**	

El bosque constituye 18.74% del área de estudio; además de ser el principal recurso forestal, presenta el recubrimiento aéreo más importante por su densidad y permanencia. Las estimaciones de cubierta son muy variables y oscilan de 10 a 80%, pues el crecimiento y densidad de este tipo de vegetación están fuertemente influídos por varios factores como son la precipitación, la exposición, la pendiente y la profundidad del suelo, entre otros. Las especies que definen esta comunidad vegetal en la zona están comprendidas en su mayoría por latifoliadas del género *Quercus*, aunque se presenta un área pequeña cubierta con pináceas, de igual manera en el estrato arbustivo se pueden encontrar individuos de los géneros *Arbutus* y *Arctostaphyllos*, principalmente. El bosque tiene presencia en todas las microcuencas, principalmente en la parte alta en las zonas montañosas. Particularmente en lo que al bosque de encino concierne, en el área de estudio, puede verse que grandes extensiones de terrenos antes cubiertos por este tipo de vegetación se emplean para la agricultura, que en general es de temporal. Los cultivos más frecuentes son frutales caducifolios sin dejar de lado a los cultivos tradicionales. Asimismo, grandes extensiones de bosque se aprovechan con fines ganaderos y con el objeto de estimular la producción de brotes tiernos de las herbáceas y de los pastos y arbustos mediante la acción del fuego. En consecuencia, los terrenos que son degradados de esta manera y constantemente sometidos a pastoreo intenso pierden la capacidad para absorber y almacenar el agua de lluvia. El escurrimiento predomina sobre la infiltración y comienza a desencadenarse una rápida erosión del suelo y de la misma roca madre, sobre todo en los casos en que ésta última se encuentra o poco consolidada. Los terrenos ocupados por el bosque de encino no son aptos para sostener una agricultura permanente, ya que los terrenos se abandonan después de dejar de ser productivos y el suelo es erosionable fácilmente.

El chaparral se distribuye en un 0.44% de la superficie de la vertiente sur del ANP “Sierra de Lobos”. Constituye un tipo de vegetación secundaria del bosque de latifoliadas, con el que comparte afinidades climáticas y florísticas, sin embargo tiene poco interés forestal económico por su hábito de crecimiento y su poco tamaño. En la zona presenta una extensión reducida en el límite actitudinal del matorral en la parte más alta de la sierra. Esta formación vegetal ocupa el mismo ambiente físico del bosque, aunque tiene afinidad por condiciones más secas, a las cuales muestra notables adaptaciones. El dosel que presenta esta comunidad es abierto comúnmente, con individuos espaciados entre sí, pero llega a tener un estrato herbáceo bien definido, no obstante el fuerte recubrimiento de piedras y los afloramientos de roca. Los grados de recubrimiento más comunes son moderados, de 20 a 40%, sobre pendientes suaves a fuertes, esto es, en cimas, laderas y valles de zonas entre lomas. En ocasiones se observan cubiertas de sólo un 10%, sobre todo en laderas. La altura del dosel no sobrepasa los 4 m.

El matorral constituye el 54.01% de a superficie total del ANP “Sierra de Lobos. Se presenta en piedemonte, laderas suaves y terrenos planos en la base de las montañas y algunas elevaciones aisladas, con frecuencia formando áreas de transición entre el pastizal y las áreas cubiertas con bosque. El matorral presente en el ANP “Sierra de Lobos” se compone de comunidades arbustivas densas, caducifolias, que prosperan sobre suelos someros y pedregosos de laderas de cerros y con frecuencia las especies dominantes se reproducen de manera vegetativa por sus partes subterráneas formando clones que a veces abarcan superficies de varios metros de diámetro. Es importante mencionar que el matorral descrito en este capítulo puede ser una etapa en la serie que culmina con otra comunidad vegetal dados los estudios de cambio de uso de suelo precedentes de acuerdo a los resultados obtenidos por algunos autores (Mojica, 2008; Valenzuela *et al* 2009ª; Valenzuela *et al* 2009b; Valenzuela *et al* 2009c), ya que como diversos autores lo mencionan (Muller, 1940; Sauer, 1944, 1950; Shreve, 1951; Budowski, 1956, 1966; Rzedowski 2005), uno de los resultados del sobrepastoreo de los pastizales es la invasión de arbustos, es decir, que de esta manera la carpeta de gramíneas se va convirtiendo en matorral. Con los estudios precedentes (Mojica, 2008; Valenzuela *et al* 2009ª, Valenzuela *et al* 2009b; Valenzuela *et al* 2009c), se corrobora que este fenómeno puede ser real, esto indica que el matorral en el ANP “Sierra de Lobos” corresponde a una fase de perturbación del pastizal en algunos lugares. El pastizal representa el 13.19% de la superficie con vegetación en el área de estudio. Sus cubiertas alcanzan densidades moderadas y tienen la característica de ocupar pendientes muy variables, desde 1 hasta el 30%, así como distintos ambientes ecológicos. Los elementos que caracterizan al pastizal son de poca altura,

que no sobrepasa 1 m, sus valores de recubrimiento van del 50 al 70%. Por la característica de su crecimiento, cubierta, así como por la producción de mantillo y su misma retención, el pastizal con buen desarrollo, tiene la propiedad de favorecer en gran manera la infiltración y la conservación de la humedad en el suelo. Desgraciadamente, muchas de las áreas cubiertas con pastizal se encuentran en una marcada etapa de desertificación, que se hace evidente en el reemplazo de los pastos perennes por arbustivas espinosas, a causa del intenso sobrepastoreo y de la apertura a tierras agrícolas de temporal. Esta actividad deja grandes áreas de suelo descubiertas durante una larga temporada anual sometidas al impacto de la precipitación. Un serio problema en el ANP "Sierra de Lobos" en lo referente al manejo de los pastizales son las largas épocas de sequía, en las cuales coincide la falta de agua y de alimento para los animales. En muchas zonas, la vegetación clímax no corresponde por lo general a pastizal (pastizal inducido), pero los habitantes de la zona buscan la manera de inducirlo en muchas partes y mantenerlo de manera indefinida con el fin de lograr su aprovechamiento para la ganadería. Los pastizales con frecuencia corresponden a una fase de la sucesión de comunidades, cuya marcha es detenida (Rzedowski, 2005). Otras veces la dominancia de gramíneas se produce en forma artificial mediante el pisoteo de los animales y la intervención del fuego, y ésta se conserva a la larga con la acción continua de los mismos factores de disturbio. En la zona los pastizales de éste tipo en muchas ocasiones sufren de sobrepastoreo y en el caso de los derivados de los bosques de encino que prosperan en lugares con pendientes pronunciadas no siempre protegen el suelo de forma eficiente.

Conclusiones

Se presenta una aproximación de la importancia de la vegetación y como participa en la producción de escurrimientos y protección edáfica en una de las vertientes del ANP "Sierra de Lobos", la cual presenta un alto grado de deterioro de sus recursos naturales, siendo de gran importancia para una de las principales ciudades de México.

Literatura revisada

Budowski, G. 1956. Tropical savannas, a sequence of forest felling and repeated burnings. Turrialba 6:23-33.
Budowski, G. 1966. Fire in tropical American lowland areas. Proc. V. Ann Tall Timber Fire Ecology Conference. Tallahassee, Florida. Pp 5-22.
Deleage, J. P. 1993. Historia de la Ecología - Una ciencia del Hombre y la Naturaleza. Icaria. Barcelona. 364 p.
Diamond, J. M. 1979 Assembly of species communities: Chance or competition?. Ecology: 60 (6): 1132-1140.
Drury, W. H. y Nisbet, I. C. T. 1973. Succession. Journal of Arnold Arboretum 54: 331-368.
Huston, M. y Smith, T. 1987. Plant succession: life history and competition. American Naturalist. 130:168-198
Kirkby M. J. y R. P. D. Morgan. 1984. Erosión de los Suelos. Ed. LIMUSA. 375 pág.
Krebs, C. J. 1985. Ecología, estudio de la distribución y la abundancia. Harper and Row Latinoame, Méx. 715 p.
Martínez R., M. 1985. Claros, ciclos vitales de los árboles tropicales y regeneración natural de las selvas altas perennifolias. En: Gómez P., Del Amo, S. (Eds.) Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. INIREB, Alhambra Mexicana. 240 p.
Mojica G., A. 2008. Cambio de uso de suelo en la vertiente sur del Área Natural Protegida Sierra de Lobos, Gto.
Muller, C. H. 1940. Plant sucesión in the Larrea-Flourensia climax. Ecology 21:206-212.
Rzedowski, J. 2005. Vegetación de México. CONABIO. México, D. F. 400 pág.
Sauer, C. 1944. Geographical sketch of early man in North America. Geogr. Rev. 34:529-573.
Sauer, C. 1950. Grassland, climax, fire and man. Journ. Range Management. 3:16-21.
Shreve, F. 1951. Vegetation of the Sonoran Desert. Carn. Inst. Wash. Publ. 591:1-192.
Tarin T. G. _____ La vegetación Natural. _____
Valenzuela N, LM**;** Potisek MC.; González C.G.; Chavez RE; González JL; 2009a. Dinámica del cambio de uso de suelo en la microcuenca *Hernández Álvarez*, vertiente sur de Sierra de Lobos, Gto. AGROFAZ 9(2):171–178.
Valenzuela N, LM; González B, JL; Trucíos C, R; Mojica G, AS. 2009b. Uso de suelo en la microcuenca La Patiña en el Sur de la Sierra de Lobos Guanajuato, Mexico. Revista Chap. Serie Zonas Aridas. 8(1): 1 – 9.
Valenzuela N, LM**;** Macías R, H.; Velázquez V, MA,; Muñoz V, A.; 2009c. Recursos vegetales en el Área Natural Protegida Sierra de Lobos en El Estado de Guanajuato. AGROFAZ 9:2 pág. 111 – 116

TENDENCIAS DE LAS TEMPERATURA EXTREMA Y CAMBIO CLIMÁTICO EN ZACATECAS

Valdez-Cepeda, R.D.[1,2*], Blanco-Macías, F.[1], Magallanes-Quintanar, R.[3], Méndez-Gallegos, S. de J.[4], Troyo-Diéguez, E.[5]

[1]Universidad Autónoma Chapingo, Centro Regional Universitario Centro Norte. Zacatecas, Zac. México.
[2]Universidad Autónoma de Zacatecas, Unidad Académica de Matemáticas. Zacatecas, Zac. México.
[3]Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica. Zacatecas, Zac. México.
[4]Colegio de Posgraduados, Campus San Luis Potosí. Salinas de Hidalgo, SLP. México.
[5]Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste. La Paz, BCS. México

*Valdez-Cepeda, R.D. vacrida@hotmail.com; Calle Cruz del Sur Núm. 100, Col. Constelación, El Orito, Zacatecas, Zac. México. CP 98085; Tel. +52(492)-924-6147

Resumen

El cambio climático es una desviación estadística del clima o variabilidad que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más tiempo), y se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a variaciones en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra, es decir, a cambios asociados a actividades antropogénicas. El interés sobre el cambio climático se ha incrementado en los últimos 30 años debido, principalmente, a las predicciones globales asociadas con el efecto de invernadero, el cual parece indicar un incremento sustancial en la temperatura de la atmósfera terrestre. El análisis de regresión lineal simple se usó en el presente caso con el objetivo de identificar las tendencias de las temperaturas máxima y mínima para 24 estaciones meteorológicas. Los resultados sugieren que a nivel local se presentan diferentes comportamientos de oscilación térmica, y no precisamente en todas las estaciones en estudio se ha manifestado un incremento significativo general de temperatura al considerar las temperaturas extremas máxima y mínima en el territorio del estado de Zacatecas, México.

Palabras clave: Temperatura máxima; Temperatura mínima; Regresión lineal simple

Introducción

El clima depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja. Cuando un parámetro meteorológico como la precipitación o la temperatura diverge de su valor medio de muchos años, se denomina anomalía climática ocasionada por forzamientos internos, como inestabilidades en la atmósfera y/o el océano, o por forzamientos externos asociados a algún cambio en la intensidad de la radiación solar recibida o incluso cambios en las características del planeta (e.g. concentración de gases de efecto invernadero, cambios en el uso de suelo) asociados a la actividad humana (Magaña, 2004).

El cambio climático es una desviación estadística del clima o variabilidad que persiste durante un período prolongado (normalmente decenios o incluso más tiempo), y se puede deber a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a variaciones en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra (IPCC, 2007), es decir, cambios asociados a actividades antropogénicas. El interés sobre el cambio climático se ha incrementado en los últimos 30 años debido, principalmente, a las predicciones globales asociadas con el efecto de invernadero, el cual parece indicar un incremento sustancial en la temperatura de la atmósfera terrestre (Valdez–Cepeda *et al.*, 2003ab). Tal incremento ha sido de ~0.06 °C por decenio en el siglo XX y de ~0.19 °C por decenio entre 1978 y 1998 (Houghton *et al.*, 1995; Houghton *et al.*, 2001) y se ha asociado a causas

antropogénicas (IPCC, 2001) o a causas astronómicas (Landscheidt, 2000; Soon *et al*., 2000ab). Persiste la predicción de que el incremento continuo de gases con efecto de invernadero originará un incremento sustancial en la temperatura del aire, un incremento en el nivel del mar, descongelamiento de los polos y glaciares, y sequías en el interior de los continentes (Houghton *et al*., 1995).

Las implicaciones de esos resultados han llevado a muchos científicos a examinar los registros climáticos de diferentes regiones del mundo a fin de comprender el comportamiento de la temperatura (Valdez–Cepeda *et al*., 2003ab) y otros elementos climáticos. Un gran número de esos estudios se ha llevado a cabo usando registros de más de dos siglos de datos de estaciones europeas (Valdez–Cepeda *et al*., 2003ab). Desafortunadamente, se carece de registros de largo plazo de elementos climáticos de más de un siglo y/o siglo y medio para muchas estaciones a través del continente americano, en particular para Latinoamérica (Valdez–Cepeda *et al*., 2003ab).

Para caracterizar cuantitativamente el comportamiento de la temperatura se han usado varios métodos. Con el fin de evidenciar tendencias de incremento o decremento, lo más común es evidenciar la tendencia de largo plazo a través del análisis de regresión lineal simple. Esta técnica se usó en el presente caso con el objetivo fue identificar las tendencias de las temperaturas máxima y mínima para 24 estaciones meteorológicas.

Materiales y Métodos

Datos

Las estaciones meteorológicas consideradas en el presente estudio están dentro del estado de Zacatecas. El área considerada con las estaciones cubre una extensión territorial de 75.040 km², esto representa el 3,83% del territorio nacional. Sus coordenadas extremas son 25°09' al norte, 21°04' al sur de latitud; al este 100°49' y al oeste 104°19' de longitud; se encuentra en la Meseta Central de México, entre la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental.

Los datos analizados fueron registros de largo plazo (132–389 meses) de temperaturas extremas mensuales. Se adquirieron conjuntos de datos de temperaturas mínima y máxima mensual para 24 estaciones meteorológicas localizadas en el estado de Zacatecas, México: Agua Nueva, Boca del Tesoro, Calera, Caopas, Cedros, Concepción del Oro, El Arenal, El Cazadero, El Platanito, El Sauz, Excame III, Gruñidora, Jiménez del Teúl, La Bufa, La Villita, Los Campos, Nochistlán, Ojocaliente, Potrero de Gallegos, Sombrerete, Tecomate, Villa García, Villa Hidalgo y Zacatecas. 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.

Procedimiento de análisis

Varios métodos se han usado para caracterizar cuantitativamente el comportamiento de la temperatura. Para evidenciar tendencias de incremento o decremento, lo más común es evidenciar la tendencia de largo plazo a través del análisis de regresión lineal simple (Montgomery *et al*., 2007). De la base de datos se tomó la información de temperatura máxima y mínima de las 24 estaciones anteriormente mencionadas, de las cuales se obtuvieron los gráficos de dispersión de cada una de las series de datos con la finalidad de identificar datos extraños para su remoción. Luego se obtuvieron los estimadores intercepto (ordenada asociada al origen) y la pendiente a través de análisis de regresión lineal usando Excel (Microsoft, 2007). Se estimaron también los niveles de significancia (p) del intercepto (b_0) y la pendiente de la recta (b_1).

Resultados y Discusión

En los cuadros 1 y 2 se pueden observar las tendencias estimadas y sus niveles de significancia para las temperaturas máxima y mínima, respectivamente. La pendiente (positiva o negativa) encontrada se computó por decenio, es decir se estimó al multiplicar la tendencia o pendiente estimada por 10 años que conforman el decenio: b_1*10; la razón es que se requiere un

punto de referencia y comparación debido a que el período de las series de datos no tiene la misma longitud (n).

La tendencia de la temperatura máxima registrada en Zacatecas (p=0.0010) y la tendencia de la temperatura mínima registrada en Excamé III (p=5.3141E–06) fueron significativas, lo cual implica un decremento de –0.21°C por decenio (Cuadro 1) y un descenso de –0.51°C por decenio (Cuadro 2) respectivamente. Tales estimaciones se contraponen a la propuesta de calentamiento global de 0.19°C por decenio entre 1978 y 1998 (Houghton *et al*., 1996; Houghton *et al*., 2001), y superan la disminución de la temperatura media por decenio reportada por Karl (1998) para el Sureste de USA, Atlántico Norte, Alaska, Bolivia, Tarananive, Nigeria y el Suroeste de China/Tíbet.

El promedio de todas las tendencias fue de 0.0841°C para la temperatura máxima; en tanto que para la temperatura mínima fue de –0.2483°C por decenio. El promedio de las tendencias negativas, para la temperatura máxima, fue de –0.43°C; en tanto que para la temperatura mínima fue de –0.3933°C por decenio. El promedio de todas las tendencias positivas fue de 0.4514°C para temperatura máxima; en tanto que para la temperatura mínima fue de 0.1866°C por decenio. Estos resultados sugieren que la tendencia de la temperatura máxima es de incremento y la temperatura mínima es de decremento, lo cual es explicado porque la mayoría de las tendencias significativas, en la temperatura máxima fueron positivas y en la temperatura mínima fueron negativas.

Los valores mayores de tendencias positivas y negativas para la temperatura máxima fueron de 1.39°C (Los Campos) y –1.47°C (Gruñidora). En cuanto a la temperatura mínima, los valores extremos fueron 0.45°C (La Villita) y –1.55°C (Los Campos).

Siete de 24 estaciones presentaron un escenario en el que la temperatura máxima tiene tendencia positiva y la temperatura mínima tendencia negativa; en tanto que dos de ls 24 presentan tendencias positivas en ambas temperaturas. El escenario en el que la tendencia de la temperatura mínima fue negativa y la de la temperatura máxima fue nula se manifestó en tres de las estaciones, pues. Sólo tres de las estaciones mantienen su oscilación térmica, pues presentaron un escenario sin cambio significativa en ambas temperaturas.

Por otro lado, una estación donde la temperatura máxima tiende a disminuir y la temperatura mínima tiende a aumentar, es decir, la oscilación térmica se reduce. Otras tres estaciones presentaron tendencia negativa en la temperatura máxima mientras que la de su temperatura mínima es nula. Únicamente una estación tiene tendencia nula de temperatura máxima y tendencia positiva en su temperatura mínima.

En cuanto a la significancia, ocho de las 24 estaciones presentaron pendiente de la ecuación de regresión para los dos tipos de temperatura con altos niveles de significancia ($p \leq 0.05$), mientras que 10 tienen alto nivel de significancia ($p \leq 0.05$) para una u otra temperatura y las seis restantes no presentan nivel de significancia a ($p \leq 0.05$).

En conclusión, los resultados sugieren que a nivel local se presentan diferentes comportamientos de oscilación térmica, y no precisamente en todas las estaciones en estudio se ha manifestado un incremento general de temperatura al considerar las temperaturas extremas máxima y mínima en el territorio del estado de Zacatecas, México.

Cuadro 1. Tendencias de temperatura máxima por estación (en negrita p<0.05).

Estación	b_0	b_1	p	Tendencia, ˚C/decenio
Agua Nueva	69.119	–0.019	0.0862	–0.19
Boca del Tesoro	55.895	–0.013	0.2702	–0.13
Calera	78.420	–0.025	**0.0008**	–0.25
Caopas	21.318	0.004	0.7775	0.04
Cedros	197.510	–0.083	**8.6116E–08**	–0.83
Concepción del Oro	–88.002	0.058	**1.6523E–08**	0.58
El Arenal	160.277	–0.066	**1.4503E–05**	–0.66
El Cazadero	53.738	–0.011	0.1601	–0.11
El Platanito	63.026	–0.013	0.1499	–0.13
El Sauz	28.572	0.001	0.9377	0.01
Excame III	17.030	0.007	0.2252	0.07
Gruñidora	324.874	–0.147	**1.2132E–25**	–1.47
Jiménez del Teúl	–87.438	0.059	**5.8679E–10**	0.59
La Bufa	–114.356	0.068	**0.0114**	0.68
La Villita	–178.828	0.106	**7.9248E–34**	1.06
Los Campos	–249.145	0.139	**4.863E–10**	1.39
Nochistlán	0.389	0.015	**0.0139**	0.15
Ojocaliente	9.734	0.009	0.2376	0.09
Potrero de Gallegos	–13.368	0.021	0.2392	0.21
Sombrerete	–197.044	0.112	**4.4815E–06**	1.12
Tecomate	–15.146	0.024	**0.0017**	0.24
Villa García	8.983	0.009	0.1805	0.09
Villa Hidalgo	92.409	–0.032	**0.0027**	–0.32
Zacatecas	69.789	–0.021	**0.0010**	–0.21

Cuadro 2. Tendencias de temperatura mínima por estación (en negrita p<0.05).

Estación	b_0	b_1	p	Tendencia, ˚C/decenio
Agua Nueva	–4.668	0.004	0.8226	0.04
Boca del Tesoro	15.275	–0.005	0.7614	–0.05
Calera	0.815	0.001	0.9613	0.01
Caopas	12.769	–0.004	0.8198	–0.04
Cedros	7.454	–0.001	0.9519	–0.01
Concepción del Oro	76.181	–0.035	**0.0132**	–0.35
El Arenal	94.553	–0.046	0.0764	–0.46
El Cazadero	–31.070	0.016	0.3353	0.16
El Platanito	90.492	–0.040	**0.0073**	–0.40
El Sauz	5.252	–0.001	0.8797	–0.01
Excame III	105.714	–0.051	**5.3141E–06**	–0.51
Gruñidora	94.835	–0.046	**0.0195**	–0.46
Jiménez del Teúl	69.532	–0.033	**0.0286**	–0.33
La Bufa	–46.754	0.025	0.5137	0.25
La Villita	–82.029	0.045	**0.0010**	0.45
Los Campos	313.256	–0.155	**9.6863E–08**	–1.55
Nochistlán	109.001	–0.052	**6.3708E–07**	–0.52
Ojocaliente	80.337	–0.039	**0.0087**	–0.39
Potrero de Gallegos	97.240	–0.048	0.1385	–0.48
Sombrerete	14.431	–0.005	0.8881	–0.05
Tecomate	51.438	–0.022	0.0693	–0.22
Villa García	55.645	–0.026	**0.0088**	–0.26
Villa Hidalgo	201.077	–0.099	**2.5608E–09**	–0.99
Zacatecas	–37.492	0.021	**0.0358**	0.21

Agradecimientos

Al FOMIX Gobierno del Estado de Zacatecas-CoNaCyT por el financiamiento parcial del proyecto 2004-C01-0007.

Bibliografía

Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. and Maskell, K. (Eds.). 1995. Climate Change 1995: The Science of Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.

Houghton, J.T. Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A. (Eds.). 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis, Cambridge University Press, Cambridge.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 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, 2001.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Climatic Change 2007: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.

Landscheidt, T. 2000. Solar wind near Earth: Indicator of variations in global temperature, Proceedings of the 1st Solar and Space Weather Euroconference on the Solar Cycle and Terrestrial Climate, Santa Cruz de Tenerife, España, September 25–30 (2000), pp. 497–500.

Magaña R., V.O. 2004. El cambio climático global: comprender el problema, In: Cambio climático: una visión desde México, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, ISBN 968–817–704–0, México, 525 p.

Microsoft, Corporation. 2008. Microsoft Office Excel 2007 [Computer program]. Parte de Microsoft Office Enterprise. One Microsoft Way, Redmond, WA 98052–6399, http://office.microsoft.com/en–us/excel/default.aspx

Montgomery Douglas C., Peck Elizabeth A., Vining G. Geoffrey. 2007. Introducción al análisis de regresión lineal, 3ra Edición, 4ta Reimpresión, Grupo Editorial Patria, México, 588 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.

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.

LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA DEL SUELOS ESTIMADA A TRAVÉS DE LA TEXTURA: ESTUDIO DE CASO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, B. C. S.

Wurl, J.1*; Martínez García, C. N.1; Imaz Lamadrid, M. A.1; Ramos-Velásquez, E.1; Martínez-Gutiérrez, G.1

[1]**Universidad Autónoma de Baja California Sur. Ciudad, Baja California Sur. México.**
*Autor responsable: jwurl@uabcs.mx; Carretera al sur Km 5.5. ##, Col. Mezquitito, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23080; Tel. +52(612)-1238800-4230

Resumen

El Estado de Baja California Sur se caracteriza por ser desértico con predominancia de climas áridos a semiáridos, lo que origina que a causa de las escasas precipitaciones disminuya la existencia de fuentes hídricas adecuadas para consumo humano, riego y ganadería. Siendo la forma más viable de obtención de agua es mediante la explotación de acuíferos.

El estudio se realizó en las tres cuencas hidrográficas (Cuenca Santa Cruz, Cuencas Bramonas y Cuenca de Santo Domingo; enlistadas de sur a norte respectivamente) que forman el Valle de Santo Domingo, lo cual representa la zona agrícola principal del estado de Baja California Sur. El presente trabajo muestra los procedimientos y técnicas utilizadas para estimación de la conductividad hidráulica que fue un parámetro importante en la modelación hidráulica del acuífero principal del Valle de Santo Domingo. Se utilizó el método según Shiozawa y Campbell (1991), que permite la estimación de parámetros hidráulicos del suelo a partir de datos texturales

Como resultado se obtuvo que grandes partes del Valle de Santo Domingo son favorables para la infiltración y la recarga.

Palabras clave: Conductividad hidráulica del suelo; Valle de Santo Domingo; textura de suelos

Introducción

El Estado de Baja California Sur se caracteriza por ser desértico con predominancia de climas áridos a semiáridos lo que origina que a causa de las escasas precipitaciones disminuya la existencia de fuentes hídricas adecuadas para consumo humano, riego y ganadería. Siendo la forma más viable de obtención de agua es mediante la explotación de acuíferos.

El Valle de Santo Domingo se localiza en la parte central del estado de Baja California Sur en el municipio de Comondú. El clima se caracteriza por ser muy árido (cálido en la parte costera a templado en la sierra La Giganta), con un intervalo de temperatura que va de un promedio máximo de 43.3ºC a un mínimo de 1.89ºC. La media anual de la precipitación alcanza solo 150 mm (el intervalo de precipitación comprende de 50 a 300 mm por año), del cual 30% representan lluvias invernales y 70% veraniegas (CNA, 2002). En la temporada veraniega se generan escurrimientos originados a partir de precipitaciones como resultado de la aproximación de ciclones tropicales. El Valle de Santo Domingo es definido por tres cuencas hidrográficas, al norte la cuenca Santo Domingo, en la parte media la cuenca Las Bramonas, y al sur la cuenca Santa Cruz (figura 1). El Valle de Santo Domingo representa la región agrícola y pecuaria más importante del estado; las actividades agropecuarias cubren 72,409 hectáreas que en conjunto se conoce como el Distrito de Riego 066.

Los principales suelos en el Valle de Santo Domingo son: el sierozem, un suelo muy pobre en materia orgánica, que es característico en las zonas áridas con vegetación de pastos y matorrales;

los regosoles, suelos de escaso desarrollo por su origen en rocas volcánicas, que se localizan en las sierras y en laderas de mesa al norte y sur de la serranía; los litosoles, que se encuentran en las partes altas de la sierra, son suelos delgados, muy pedregosos y muy débilmente desarrollados. Los fluvisoles calcáricos son suelos que se encuentran en depósitos aluviales, cerca de los arroyos.

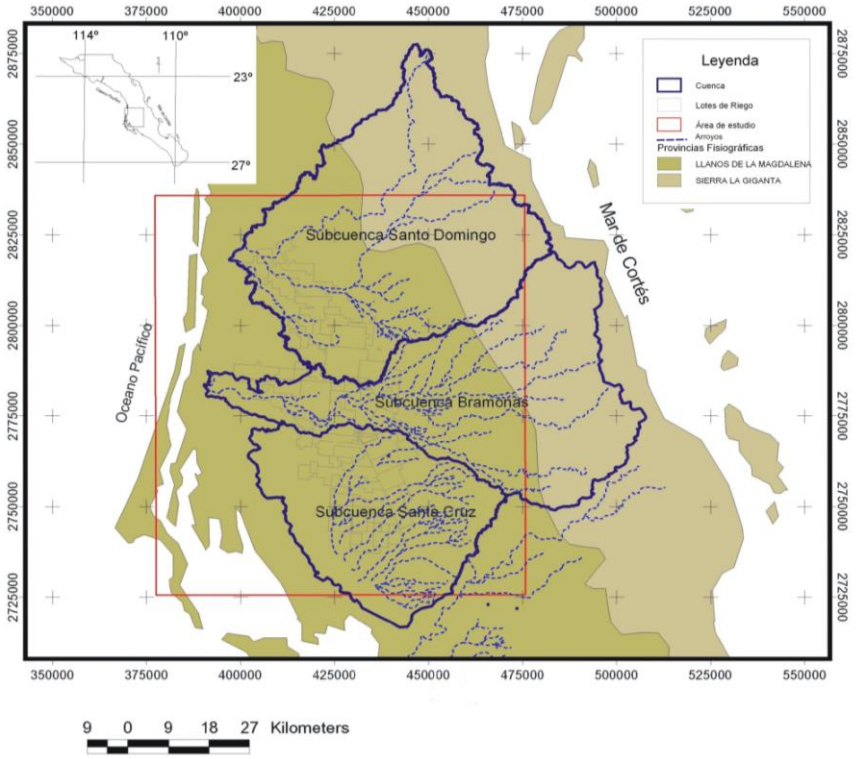


Figura 1.- Mapa fisiográfico del área de estudio con los limites de las tres cuencas hidrológica que forman el VSD.

Materiales y Métodos

Existen varios metodos para la estimación de la conductividad hidráulica del suelo por medio de la curva granulometrica del material, pero resulto dificil estimar la conductividad hidráulica saturada, mediante la descripción de los solo los tres conponentes principales (arena, limo y arcilla) del suelo. Buchan et al. (1993) compararon siete modelos diferentes para la estimación de la conductividad hidráulica saturada y concluyeron que los resultados obtenidos por el método de Shiozawa y Campbell (1991) tenían el mejor ajuste con los datos experimentales. Se utilizó una base de datos de la clasificación textural de 554 muestras de sedimentos (figura 2 y 3), tomadas en el Distrito de Riego 066 (SAGARPA-INIFAP, 2008) para estimar la conductividad hidráulica saturada, mediante la descripción de la textura (arena, limo y arcilla) del suelo, aplicando la metodología propuesta por Shiozawa y Campbell (1991). La distribución de los componentes arena, limo y arcilla de las muestras esta presenta en la Figura 3.

En el primer paso (según el método de Shiozawa y Campbell, 1991), se divide la distribución de la partícula en dos partes, la primera incluye las fracciones de arena y limo y la segunda la fraccion de arcilla y se ajusta ambas por medio de una función log-normal (número de partículas de un diámetro determinado vs. el logaritmo del diámetro). Este ajuste permite representar cualquier combinación de arena-limo-arcilla mediante dos parámetros:

a) Media geométrica del diámetro de la partícula
b) La desviación estándar geométrica del diámetro de la partícula.

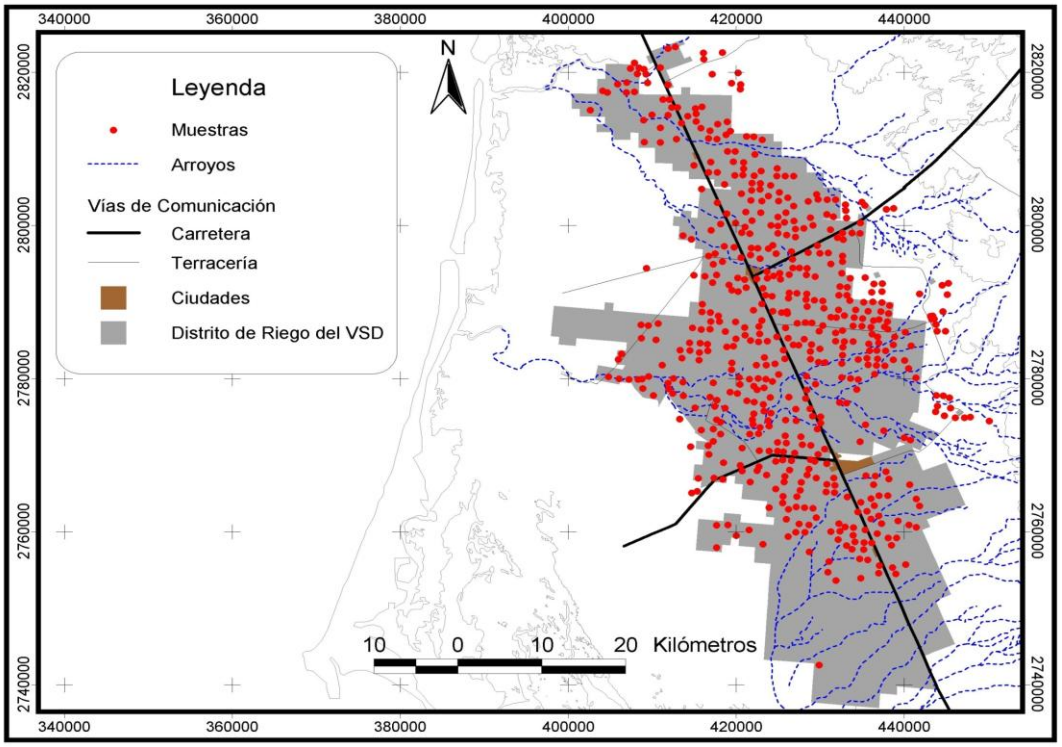


Figura 2.- Localización de los 554 muestras de suelos, tomadas en el distrito de riego 066 (color gris) del Valle de Santo Domingo.

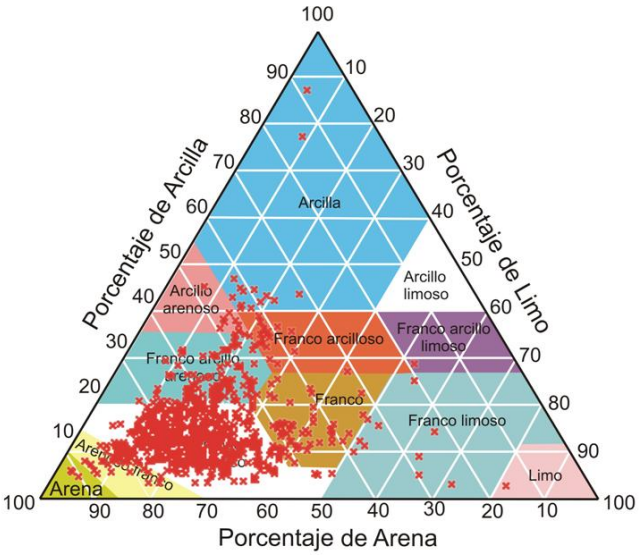


Figura 3.- Definicion de la textura de 554 suelos del distrito de riego 066 en un diagrama ternario.

Una vez determinada la conductividad hidráulica por cada muestra, se generaron mapas de la distribución espacial de la textura y conductividad hidráulica del suelo mediante el programa Surfer 8 (Golden Software Inc.). La interpolación de se realizo con el método de Inverse Distance to a Power donde se obtuvieron isolíneas de porcentaje en peso de arena, limo y arcilla (figura 4).

Resultados y Discusión

La mayor parte de las muestras con alto contenido de arenas se localizan en las secciones norte y sur del área de estudio, mientras la mayor parte las muestras con contenidos de 20% a 50% de limos se localizan dispersas abarcando la sección centro y norte del área de estudio (figura 4). Las muestras con mayor contenido de arcillas son escases; se observa en una localidad en la parte central del districto de riego, otro se encuentran dispersas en la sección este y centro del área de estudio.

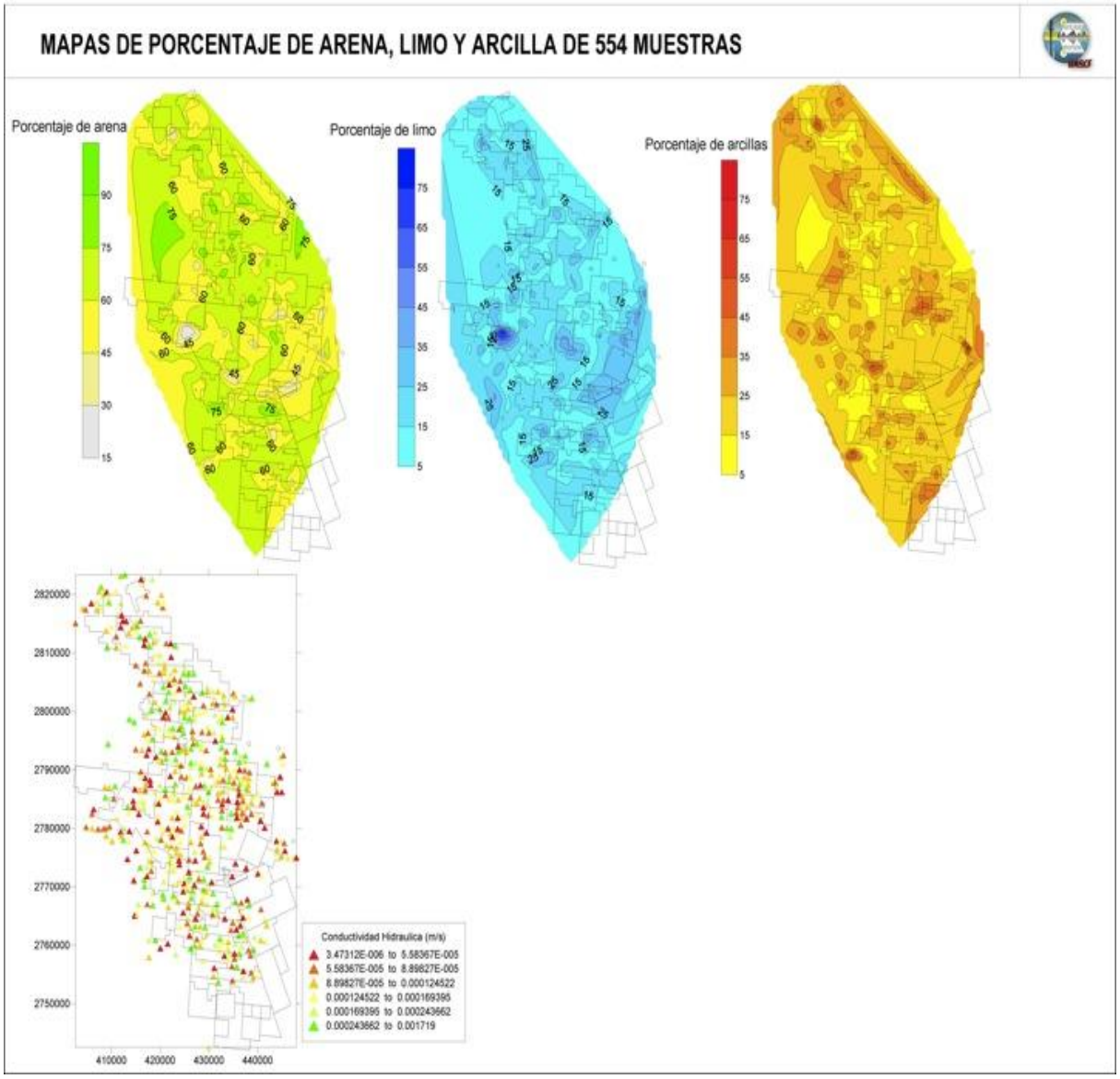


Figura 4.- Localización de los 554 puntos de muestreo en el distrito de riego 066, Valle de Santo Domingo.

La conductividad hidráulica resultante varía entre una mínima de $3.47E^{-06}$ m/s como minima y un máximo de 0.001719 m/s, siendo la media de 0.00017 (m/s). Las conductividades hidrulicas mas altas están localizadas en las colonias Buenos Aires, Fernando de la Toba y Emiliano Zapata y las mininas en Progreso y Misión.

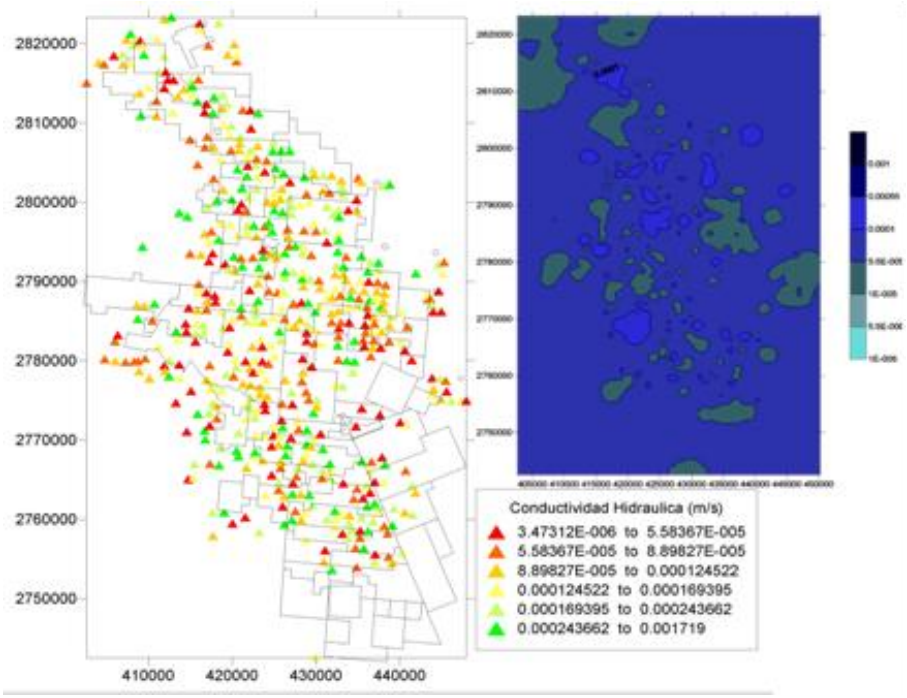


Figura 5.- Rangos de la conductividad hidraulica en los 554 muestras de suelos, y mapa de isolíneas generadas con el metodo de Inverse Distance to a Power.

Conclusiones

Los valores de la conductividad hidraulica del suelo obtenidos por el metodo de Shiozawa y Campbell (1991) indican que grandes partes del Valle de Santo Domingo son favorables para la infiltración y la recarga.

Agradecimientos

Agradecemos a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por su y apoyo técnico, especialmente al Ing. Covarrubias Guillen Ruben, jefe de distrito de la CONAGUA de Ciudad Constitución y al Ing. Cabanzon Macias Victor Hugo subjefe de distrito; además al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales (SEMARNAT) por su apoyo financiero para el proyecto “Estudio hidrogeológico integral de la Cuenca Santo Domingo, Baja California. Sur” (SEMARNAT-2004-C01-432).

Bibliografía

Buchan, G.D., K.S. Grewal, and A.B. Robson. 1993. Improved models of particle-size distribution: An illustration of model comparison techniques. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:901–908.

CNA, COMISION NACIONAL DEL AGUA CONAGUA, 2002, Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Santo Domingo estado de Baja California Sur, editada por la Subgerencia de Evaluación y Modelación Hidrogeológica, México, 26 pp.

SAGARPA - INIFAP 2008: SISTEMA DE CONSULTA DR-066 Información de suelo y agua del Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo.- Sistema de Consulta de las Características Ambientales, de Áreas Potenciales y de Tecnología de Producción de Cultivos para el Distrito de Riego 066 Valle de Santo Domingo, Municipio de Comondú, Baja California Sur, México. http://www.oeidrus-bcs.gob.mx/Info_dependencias/INIFAP/CIRN_INIFAP/CIRN_INIFAP_ARCH/R%20i%20e%20g%20o%20s.html

Shiozawa, S., and G.S. Campbell. 1991. On the calculation of mean particle diameter and standard deviation from sand, silt, and clay fractions. Soil Sci. 152:427–431.

ESTIMACIÓN DE LA EROSIÓN DEL SUELO EN EL VALLE DE SANTO DOMINGO, B.C.S.

Wurl, J.1*; Díaz Gutiérrez, J.J.1; Martínez Gutiérrez, G.1; Ramos Velásquez, E.1

[1]**Universidad Autónoma de Baja California Sur. Ciudad, Baja California Sur. México.**

*Autor responsable: jwurl@uabcs.mx; Carretera al sur Km 5.5. ##, Col. Mezquitito, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23080; Tel. +52(612)-1238800-4230

Resumen

El Valle de Santo Domingo es la zona agrícola más importante del estado de Baja California Sur. Dicho Valle se forma de las cuencas hidrográficas Santa Cruz, Bramonas y Santo Domingo, en el cual se estimó la erosión potencial de los suelos, aplicando el método USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo). Áreas con alto riesgo de erosión de suelos ocupan 8.2 por ciento del área de estudio. Se obtuvo la menor pérdida de suelo en la cuenca Santa Cruz y la mayor en la cuenca Santo Domingo. Los valores más elevados corresponden a las zonas altas de la sierra en lugares sometidos a deslizamientos, especialmente en los cauces de los arroyos. Además los valores altos de pérdida de suelo se presentan en aquellas zonas, donde se realizan prácticas agrícolas. El modelo de la pérdida potencial del suelo del Valle de Santo Domingo, elaborado mediante USLE, puede servir para una simulación de diversos escenarios de manejo en base a diferentes escenarios futuros, mejorando la elaboración de planes de manejo.

Palabras clave: Erosividad y erodabilidad del suelo; USLE; riesgo de erosión del suelo

Introducción

En el Valle de Santo Domingo se desconocen los datos precisos que dimensionen la pérdida real de suelo por efecto de la erosión eólica e hídrica. Sin embargo, se observa una pérdida de suelo importante a causa de varios factores naturales: las propias características fisiográficas del Valle de Santo Domingo, lo tempestuoso de la precipitación durante el paso de las tormentas tropicales que arriban al estado, los vientos secos e intensos que fluyen por la región asociados a una baja humedad en el suelo, y a la escasa vegetación agrupada en forma de matorrales aislados. El proceso se ve agravado por factores antropogénicos como la deforestación, el sobrepastoreo, la alteración de las brechas, entre otros. La erosión degrada la calidad del suelo por la disminución de la materia orgánica contenida en la parte superficial de los suelos. Además genera una grave contaminación por la materia particulada que pulula en el ambiente de la región que, genera problemas de salud en la población en general. En la zona de riego, las huertas de cítricos son las áreas que presentan menor efecto por el viento o el agua, mientras que los predios donde se producen cultivos cíclicos presentan mayor pérdida de suelo, sobre todo durante las temporadas de descanso entre cosechas.

La alta deforestación que se origina por el cambio del uso del suelo también provoca que el suelo de la región (mayormente franco arenoso) sea propenso a erosionarse, no existiendo prácticas para recuperar o al menos atenuar esta pérdida del suelo. También la gran presión que sufre el suelo por el pisoteo de la ganadería extensiva que existe en Distrito de riego 066 (Valle de Santo Domingo) genera pérdidas de suelo importantes Como resultado de los procesos de deforestación y degradación de la vegetación, estimaciones del Inventario Nacional de Suelos de 1999 manifiestan que el 54.84% del territorio presenta problemas de erosión, 40% debida a erosión hídrica, y 14.84% a la erosión eólica. De las superficies degradadas por la erosión hídrica, el 29% llegaba a tal grado de afectación que el terreno había sido deformado en cárcavas (SEMARNAT, 2002). Para la estimación de la erosión se han desarrollado modelos cualitativos y cuantitativos; entre los modelos empíricos destaca la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) por su amplia utilización,

especialmente adaptado para evaluar las pérdidas de suelo por erosión laminar y surcos. Su bondad depende del rigor con que los cinco factores que componen la ecuación, reproduzcan las condiciones del medio al interpretar los mecanismos erosivos por sus causas y efectos (Almorox et al., 1994). La elección del USLE en este trabajo se debe a su alta fidelidad y a su relativa aplicabilidad universal, producto de la gran cantidad de trabajos realizados en todo el mundo con fines científicos y de planificación. El fundamento del modelo está ampliamente documentado en los estudios originales de Wischmeier y Smith (1978) y en los estudios posteriores, que dan cuenta de este modelo (Moreira, 1991; Peña, 1980, 1982).

Wischmeier y Smith (1978) comprobaron, al contrastar una base de datos de 2300 parcelas, que USLE daba predicciones de pérdidas medias anuales con un error de solo ± 5 t * ha^{-1}, en el 84% de los casos en que se aplicó.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en las tres cuencas hidrográficas (Cuenca Santa Cruz, Cuencas Bramonas y Cuenca de Santo Domingo; enlistadas de sur a norte respectivamente) que forman el Valle de Santo Domingo, lo cual representa la zona agrícola principal del estado de Baja California Sur. Se utilizo el método de estimación de pérdida de suelo USLE (Wischmeier y Smith, 1978), aplicando metodología de sistemas de información geográfica y percepción remota. La pérdida de suelo promedio (E) [t ha^{-1} $año^{-1}$] según la USLE se define como:

$$E = R * K * L * S * C \qquad (1)$$

En donde R es el factor de erosividad de la lluvia, K el factor de erodabilidad del suelo, L el factor del efecto de la longitud de la pendiente, S el efecto del grado de la pendiente, y C el factor de manejo de la cobertura vegetal. Cuando no es incluido el factor C, se tiene la pérdida de suelo máxima que ocurriría de no existir la cubierta vegetal, o erosión potencial.

Factor R

El factor R (MJ * mm*ha^{-1} * hora * año) representa la erosividad de la lluvia y es un factor dominante en los procesos de erosión (Martínez-Graña et al., 2011): Fue calculado mediante el Índice de Fournier modificado (Fm), lo cual tiene en cuenta únicamente los volúmenes de precipitación, siendo el cociente entre el cuadrado de la precipitación del mes más lluvioso y la precipitación anual:

$$F_m = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P_t}$$

donde p_i es la precipitación mensual y P_t la precipitación anual. Se han obtenido los valores puntuales del índice en 22 estaciones meteorológicas de las cuales se obtuvieron los datos de precipitación mensual y anual. Mediante la utilización de un sistema de información geografica (SIG) se obtuvo la cartografía del índice aplicando el método de interpolación kriging lineal.

Factor K

Es la erodibilidad del suelo (t * ha hora*ha^{-1} * MJ * mm) es una propiedad compleja que indica la facilidad con la cual el suelo es desprendido por el salpicamiento durante una lluvia o por flujo superficial y relaciona los efectos de la lluvia, escurrimiento e infiltración en un solo factor. El factor K fue determinada a partir del nomograma de Wischmeier y Smith, que combina el efecto del tamaño de las partículas, el porcentaje de la materia orgánica, la estructura del suelo y su permeabilidad. El nomograma representa una ecuación empírica en la cual se relacionan estas propiedades físicas y

químicas que determinan la estabilidad estructural de un suelo. Los datos de K se estimaron a partir de la cartografía de INEGI escala 1:250,000.

Factor C

El factor C de cobertura vegetal indica la protección que la cobertura vegetal presta al suelo al interceptar las gotas de lluvia y amortiguar su energía de impacto disminuyendo el efecto erosivo. El valor de este factor es una relación entre las pérdidas de suelo fértil con la cobertura vegetal actual y las que tendría si estuviese en barbecho continuo. Se determinado a partir del nomograma de Wischmeier y Smith. Los datos utilizados son los datos de cartografía de vegetación de INEGI escala 1:250,000. y a partir de los atributos de estos se estimo el valor de C.

Factor LS

La USLE tiene en cuenta la topografía del terreno mediante la introducción del factor L de longitud de la pendiente del terreno y del factor S de pendiente. Ambos factores pueden ser calculados mediante operaciones realizadas sobre un MDE. En general, las herramientas estándar disponibles en los sistemas ráster comerciales no son suficientes para poder calcular estos dos factores y se debe aplicar alguna combinación de varias herramientas o comandos para obtener los valores L y S aplicables en la expresión de la USLE. Aunque se trate de dos valores independientes, en la práctica se suele utilizar un valor común llamado LS obtenido mediante la siguiente expresión:

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^{m} (0.065 + 0.045\beta + 0.0065\beta^{2})$$

Donde λ es la longitud de la pendiente o ladera en metros, β es la pendiente capaz de generar escorrentía sobre la superficie del terreno, es decir, la máxima pendiente negativa, expresada en tanto por ciento, y m es una constante que depende de la pendiente

El cálculo de la pendiente del terreno β no se puede obtener directamente con el comando de cálculo de pendientes, ya que esta orden sólo presenta dos opciones de cálculo, pendiente media o máxima, sin distinguir pendientes positivas de pendientes negativas. Se determinó su valor utilizando el procedimiento descrito en partiendo de la expresión para el cálculo de pendientes:

$$\beta = \operatorname{arctg}\left(\frac{\Delta Z}{H}\right)$$

Donde ΔZ y H representan la diferencia de coordenadas Z y la distancia horizontal entre las dos celdas, que determinan la dirección del escurrimiento en el vecindario inmediato de la celda procesada. Siendo P el tamaño del píxel en el MDE, el valor de H es P si la dirección es paralela a las direcciones N-S o E-O y √2 P si la dirección es diagonal. En primer lugar, se determinaron las direcciones de las máximas pendientes del terreno partiendo de un mapa de orientaciones, del que se obtuvieron dos máscaras, una en la dirección de las diagonales y otra en la de los ejes N-S y E-O. Con el fin de asegurar que el cálculo se centrase en la obtención de las pendientes máximas, se calculó el valor de los desniveles ΔZ máximos, mediante la diferencia algebraica de una imagen intermedia que representa las cotas mínimas del terreno y el propio MDE. Multiplicando este resultado por las máscaras anteriores, puede asociarse en la fórmula de la pendiente el desnivel acorde a la distancia horizontal H dada. La suma de las imágenes obtenidas en esta operación, constituye el mapa de pendientes buscado o de factor S.

El cálculo del factor L, al igual que el factor S, no es un proceso directo. Según la especificación de la USLE el factor L hace referencia a la longitud de una parcela agrícola. La extensión de este concepto a superficies mayores que una parcela lleva a definir el factor L como la longitud medida sobre la superficie del terreno de la línea de flujo que pasa por cada punto del terreno, desde el inicio de la escorrentía hasta llegar a una zona de deposición, donde ya no existe erosión.

Por lo anterior, en primer lugar se recorrieron todas las celdas del mapa de pendientes generado anteriormente y se calculó la longitud de pendiente individual de cada celda, aplicando la fórmula siguiente:

$$L' = \frac{H}{\cos \beta}$$

Este primer proceso genera una nueva imagen ráster donde cada celda contiene el valor L' calculado. A continuación, se calcularon las denominadas longitudes de pendiente. El resultado de esta operación es un mapa que representa la longitud acumulada de una línea de flujo, conteniendo cada celdilla el valor de esta distancia acumulada. Las imágenes de entrada en esta orden son el mapa de longitudes de ladera para cada celda, calculado antes, y el propio MDE. Como resultado, se tienen valores de L menores en los puntos altos del terreno que van aumentando a medida que se avanza en la línea de flujo. En zonas de pendiente nula se obtiene como resultado "0" por ser áreas de deposición. El resultado final se obtiene mediante la aplicación de la expresión conjunta expuesta anteriormente del factor LS, teniendo como entradas los dos mapas S y L.

Factor P

El factor P de prácticas de cultivo se incluye en modalidades como el cultivo siguiendo curvas de nivel o el cultivo en fajas. El efecto del cultivo en bancales o terrazas modifica el valor de P, pero ya en la referencia original de la USLE se propone que para zonas abancaladas o de terrazas se modifique únicamente el valor de los factores topográficos L y S, quedando de esa manera suficientemente representadas. Por lo que se ha considerado este factor como un valor de 1.

Resultados y Discusión

Las valores de USLE entre 0-5 t ha^{-1} $año^{-1}$ se observa en 75.8 por ciento del área de estudio, lo cual representa zonas con poco potencial a la erosión, donde el proceso erosivo es bajo y existe relativamente poco riesgos de pérdida de suelo. Los valores de USLE entre 5 y 20 [t ha^{-1} $año^{-1}$], presentan un riesgo de erosión moderado y valores por arriba de 20 [t ha^{-1} $año^{-1}$] de USLE son áreas con alto riesgo de erosión de suelos, los cuales ocupan 8.2 por ciento del área de estudio. Los resultados de pérdida de suelo en cada una de las tres cuencas, calculada mediante la USLE, están presentados en la tabla 1. Además se presenta como ejemplo en la figura 1 el mapa obtenido para la cuenca Santo Domingo.

Se calculó la menor pérdida de suelo para la cuenca Santa Cruz y la mayor en la cuenca Santo Domingo. Para la cuenca de Santo Domingo, se obtuvo los valores altos en las zonas altas de la sierra en lugares sometidos a deslizamientos, especialmente en los cauces de los arroyos. Además los valores altos de pérdida de suelo se presentan en aquellas zonas donde se realizan prácticas agrícolas.

Cuadro 1. Intervalos de pérdida de suelo y cobertura en las cuencas Santa Cruz, Las Bramonas y Sto. Domingo.

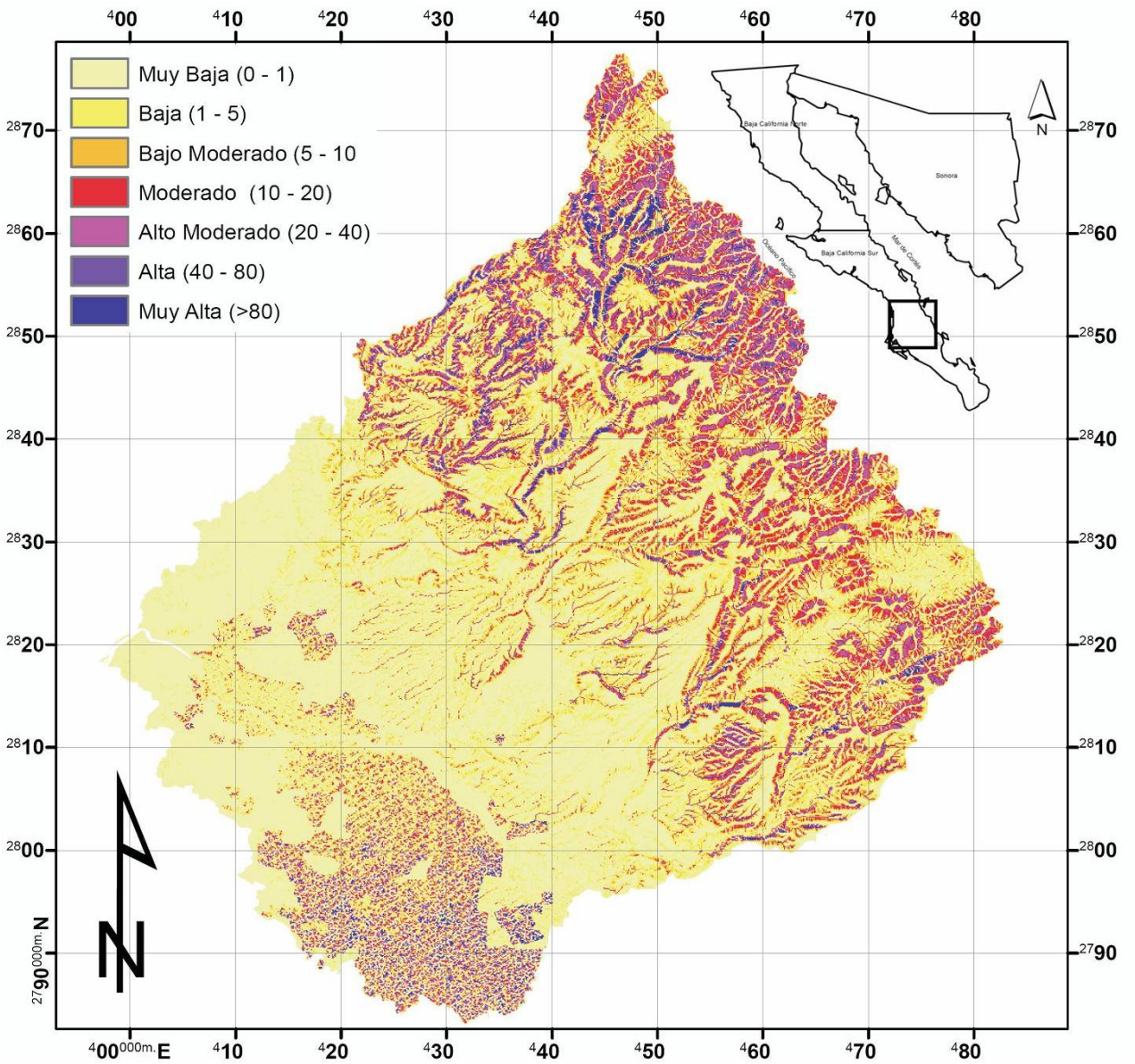


Figura 1. La pérdida de suelo [t ha^{-1} $año^{-1}$] en la Cuenca Santo Domingo, calculada mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE).

Conclusiones

El empleo de Sistemas de Información Geográfica facilitó calcular la pérdida de suelo con el método USLE con alta exactitud, por ejemplo respecto al factor topográfico en base a la aplicación del álgebra de mapas en formato raster. El uso y cobertura del suelo influye de manera importante en el control de los procesos erosivos ya que los altos valores de pérdida de suelo también se presentan en acuellas áreas, donde se realizan prácticas agrícolas.

La presencia de cantidades significativas de arena y la baja presencia de materia orgánica en los suelos producen aumentos significativos de la erodabilidad del suelo.

El factor de erosividad de la lluvia fue subestimado porque la zona de estudio se ve sometida a ciclones tropicales de alta intensidad durante los meses mayo a noviembre cuando se observa la mayor pérdida de suelo anual, pero la USLE solo toma en cuenta el promedio de la precipitación mensual y anual.

El Modelo de la pérdida del suelo, elaborado mediante USLE, puede servir para una simulación de diversos escenarios de manejo de la cuenca, facilitando considerablemente la toma de decisiones implementar planes de manejo en base a diferentes escenarios para el futuro. Es importante mencionar que la salinización, la acidificación y el deterioro físico de los suelos son procesos que además pueden contribuir a la perdida de suelos, pero, debido a su complejidad, la USLE no les toma en cuenta; estos fenómenos se ven agravados por factores socioeconómicos y tecnológicos.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Secretaría De Medio Ambiente Y Recursos Naturales (SEMARNAT) por su apoyo financiero para el proyecto “Estudio hidrogeológico integral de la Cuenca Santo Domingo, Baja California. Sur” (SEMARNAT-2004-C01-432) y a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) por su y apoyo técnico.

Bibliografía

Almorox, J., R. De Antonio, A. Saa, Cruz, M. y J. M. Gasco. 1994. Métodos de estimación de la erosión hídrica. Editorial Agrícola Española S.A. Madrid. España. 150 pp.

Martínez-Graña, A. M., Goy, J. L., Zazo, C., Sanz, J. M., y J. Forteza, 2011. Evaluación mediante SIG de la agresividad pluvial en los espacios naturales del sur de Salamanca: Rebollar, Batuecas, S. Francia y Candelario-Gredos. Edafología, 13, 21-31.

Moreira, J. M. 1991. Capacidad de uso y erosión de suelos. Una aproximación a la evaluación de tierras de Andalucía. Junta de Andalucía, Agencia de Medio Ambiente. España. 446 pp.

Peña, L. 1980. Determinación del factor R de la ecuación universal de predicción de la erosión hídrica en la provincia de Ñuble. Agricultura Técnica 40. pp 152-156.

Peña, L. 1982. Determinación de los factores R, K y C de la ecuación de predicción de erosión, válidas para la precordillera de la VII región. Informe Final. Proyecto 2.01.27. Dirección de Investigación, Universidad de Concepción. 18 pp.

SEMARNAT. 2002. Informe de la Situación Ambiental del Medio Ambiente en México 2002. Resumen. 131 p.

Wischmeier, W. H. and D.D. Smith, 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA. Agricultural Research Service Handbook 537. 58 pp.

RENDIMIENTO DE LA ALBAHACA A DIFERENTES LÁMINAS DE RIEGO DETERMINADAS CON BASE PORCENTAJES DE LA EVAPORACIÓN

Zepeda García, K.1, Zamora Salgado S.*2, Ruiz Espinoza F. H.2, Loya Ramírez J. G.2, Beltrán Morales F. A.2, Palacios Espinoza A.2

[1]Estudiante del 9no semestre de agronomía, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México.
[2] Profesor-investigador, Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México.

*Autor responsable: szamora@uabcs.mx: Carretera al Sur Km 5.5. Apartado postal 19-B. La Paz Baja California Sur: tel. (612) 12 38800 ext. 5506

Resumen

El principal objetivo de la programación del riego es proveer, en forma oportuna, la cantidad de agua apropiada a la planta para prevenir pérdidas de rendimiento y calidad de los productos agrícolas. En el mes de mayo del 2013 se estableció el experimento en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Baja California Sur con el objetivo de observar el rendimiento de la albahaca a diferentes láminas de riego determinadas con base a porcentajes de la evaporación medida en el tanque evaporímetro “A”. Estas fueron 75, 100, 125 y 159%. El transplante se realizó el 5 de Julio en macetas de 0.031 m^2 que se llenaron con suelo de textura migajón arenoso, capacidad de campo de 13.2%, punto de marchitez permanente de 5.6%, densidad aparente 1.6 y un contenido de materia orgánica que oscilo entre 0.4-0.6%. En cada maceta se colocó con un gotero de 2 lt hr^{-1}. Para la aplicación del agua de riego se utilizó un recipiente de 20 litros por cada tratamiento y el volumen se determinó con base a la evaporación reportada por el observatorio meteorológico de la CONAGUA. El fertilizante se aplicó cada semana a través del agua de riego. El análisis estadístico no reflejo diferencias entre los tratamientos. El mayor rendimiento fue de 13.96 ton ha^{-1} que se obtuvo con el tratamiento 4, 150%Ev y el menor rendimiento correspondió al tratamiento 75%Ev, con 11.84 ton ha-^{1}

Palabras clave: Albahaca; Evaporación; Tanque evaporímetro “A”

Introducción

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una especie aromática que no se cultiva en escala comercial en el país y por lo general lo hacen pequeños productores en los alrededores de los centros de consumo para comercializarlos como planta fresca. Bermúdez (2005), señala que en México el cultivo de albahaca lo realizan pequeños productores en los alrededores de parcelas comerciales de otras especies, orientando el cultivo a centros de comercialización como planta fresca; que la producción de albahaca orgánica es una de las principales actividades económicamente rentables en la rama agrícola en el Estado Mexicano de Baja California Sur (BCS) y se siembra a partir de septiembre. La superficie de albahaca cosechada promedio del 2003-2013 fue de 365.2 has con un rendimiento promedio de 6.06 ton ha^{-1} (SIAP, 2013). El principal objetivo de la programación del riego es proveer, en forma oportuna, la cantidad de agua apropiada a la planta para prevenir pérdidas de rendimiento y calidad de los productos agrícolas (Jensen, 1983). Existen numerosos métodos para determinar la Evapotranspiración en función de la información climática, siendo el método de la evaporación de la bandeja clase “A” el más usado por su bajo costo y fácil manejo (Ortega-Farías *et al.,* 1997; González y Ruiz, 1999). El método para estimar la ETo a partir de la evaporación en el tanque evaporímetro Tipo “A”, ha tenido resultados satisfactorios debido a

que la evaporación integra el efecto de la radiación, viento, temperatura y humedad para un lugar específico, asimismo, puede utilizarse para estimar la ET en los sistemas de riego localizados de alta frecuencia (Tijerina, 2000). Tate, 2004 señala que el concepto de "uso eficiente" incluye cualquier medida que reduzca la cantidad de agua que se utiliza por unidad de cualquier actividad, y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad de agua. Campos, 2003, trabajó con tres niveles de reposición de agua a partir de datos diarios registrados en el tanque evaporación Clase A (40, 80 y 120 por ciento) en remolacha (*Beta vulgaris* L) bajo riego por cinta de goteo, concluyó que no hubo significancia entre los distintos niveles de reposición de agua excepto en la población de raíces y que el mayor rendimiento de azúcar se obtuvo con el 80 por ciento de la evapotranspiración de cultivo. Pérez *et a*l, 2003**,** determinaron que los tratamientos con acolchados aplicando el riego con base al 60 % de la evaporación de un tanque tipo "A", presentaron los mayores rendimientos medios de sandía (51.5 a 52.0 $t \cdot ha^{-1}$) con trasplante, superando al tratamiento de 50% de la evaporación. Saenger W, R. observó una relación directa entre láminas de agua aplicada y rendimiento de grano, rendimiento de aceite, contenido de aceite, peso de 1000 aquenios en girasol, al reponer un 25, 50, 75 y 125% del agua evapotranspirada, determinada por la evaporación de bandeja y coeficiente de desarrollo. Ortega *et al, 2001*, reportan la lámina de riego determinada con base al 150% de la ET y el testigo (riego tradicional del agricultor) presentaron el mayor rendimiento comercial y calidad del fruto del tomate, en comparación a los riegos establecidos con el 70 y 100% de la evaporación registrada en el tanque evaporímetro.

El objetivo del presente trabajo fue observar la respuesta del cultivo a diferentes láminas de riego, calculada en base de la evaporación medida en el tanque evaporímetro tipo "A".

Materiales y métodos

El trabajo de investigación se realizó en la Universidad Autónoma de Baja California Sur, la cual se encuentra en la Cd. de La Paz ubicada en los paralelos 24° 08' 32" N y 110° 18' 32" O. La zona de estudio se presenta un clima BW (h') h w (e): seco desértico cálido, con una temperatura media anual mayor a 23.6 ^{o}C media anual y con lluvias predominantes en verano, la precipitación promedio anual es de 184 mm. El experimento se estableció en una casa sombra y constó de 4 tratamientos con 4 repeticiones. Los tratamientos fueron las láminas que resultaron del producto de la evaporación medida en Tanque Evaporímetro por los porcentajes de ésta, que fueron 75, 100, 125% y 150%. El trasplante de la albahaca se realizó el día 16 de mayo del 2013 en macetas con un área de 0.0314 m^2. Mismas que fueron llenadas con suelo de textura migajón arenosa, una capacidad de campo de 13.2%, un punto de marchitez permanente de 5.6%, una densidad aparente 1.6 y un contenido bajo de materia orgánica (0.4-0.6%). En cada maceta se le colocó un gotero de 2 lt hr^{-1} (figura.1). Para la aplicación del agua de riego se utilizó un recipiente de 20 litros por cada tratamiento y el volumen que se aplicó se determinó con base a la evaporación reportada por el observatorio meteorológico de la CONAGUA. Para el riego previo al trasplante se consideró los valores de capacidad de campo, punto de marchitamiento permanente, densidad aparente. El fertilizante se aplicó cada semana a través del agua de riego. La figura muestra el establecimiento, riego y desarrollo del cultivo.

Resultados

Según los resultados obtenidos de evaporación diaria medida en el Tanque Evaporímetro tipo A" así como la evaporación acumulada en el periodo del experimento se observan en la figura 2. El promedio de la Evaporación fue de 8.35 mm y la evaporación acumulada de 608.5 mm Con base a los valores de evaporación diaria se calcularon las láminas de riego según el porcentaje que se muestran en el cuadro 1.

El análisis estadístico no detecto diferencia entre los tratamientos. ($P>0.05$), sin embargo se puede observar que el mayor rendimiento correspondió al tratamiento 4, que se aplicó la mayor la lámina de riego (150%de la Evaporación); superior en 2120 kg que el tratamiento de menor rendimiento, al que se le aplicó la menor cantidad de agua.

Figura 1. Establecimiento, riego y desarrollo del cultivo

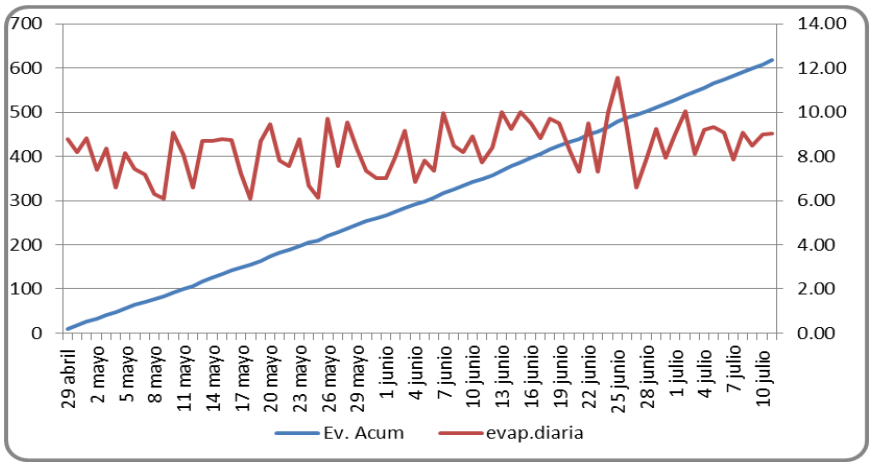


Figura 2. Evaporación diaria y evaporación acumulada en el periodo del experimento.

Cuadro 1. Tratamientos y Resultados

Tratamiento	Lámina estimada (mm)	Rendimiento (Kg ha^{-1})
I. 75% Ev	456.4	11840
III. 100% Ev.	608.5	13340
IV. 125% Ev.	760.7	12710
V. 155% Ev.	912.8	13960

En la figura 3 se observa, exceptuando el tratamiento III, que hay una tendencia lineal entre el rendimiento y la lámina aplicada; a mayor lámina, mayor rendimiento. El tratamiento III no refleja esta tendencia, posiblemente al manejo del cultivo y al ataque de hormigas que se presentó. Los resultados coinciden con los que reporta Campos (2003), en no manifestarse diferencia entre los niveles de agua aplicado al trabajar con remolacha con niveles de reposición de agua a partir de datos diarios registrados en el tanque evaporación Clase A (40, 80 y 120 por ciento). Con Pérez *et a*l, 2003; *Ortega et al, 2001* y Saenger, en el comportamiento de rendimiento y lámina aplicada.

Klocke *et al*, (1996), señalaronn que el agua aplicada más allá de la ET no necesariamente se traduce en mayor rendimiento. Algo similar resultó con el tratamiento V, el de la mayor lámina, debido a las condiciones del suelo, en el que a una profundidad de 60 cm se encuentra un estrato de 20 cm de arena gruesa, lo que provoca que el agua en exceso se drene y no pueda ser aprovechada por el cultivo.

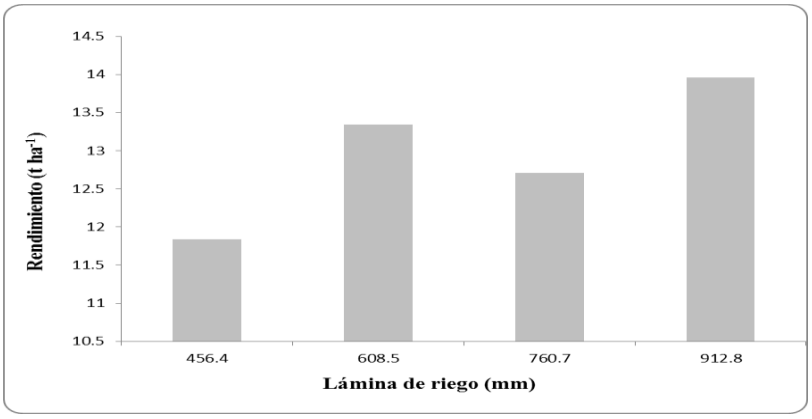


Figura 3. Rendimiento de Albahaca a diferentes láminas de riego

Por las condiciones de la área de estudio, donde el agua es un factor limitante para el desarrollo agrícola, es prioridad el de incrementar las utilidades por metro cúbico de agua utilizado, por lo que es éste último tratamiento el que mayor impacto tendrá en la zona.

Conclusión

Se ratifica lo señalado por Tijerina (2000), referente al método empleado para el cálculo de las láminas de riego basado en el modelo del Tanque Evaporímetro Tipo "A", en los sistemas localizados de alta frecuencia. Con la lámina calculada al utilizar el porcentaje de evaporación de 150% se obtuvo el mayor rendimiento (13.97 t $ha^{-1)}$; en contraparte, el tratamiento con menor rendimiento corresponde al de menor volumen aplicado y manifestó la mayor eficiencia en el uso del agua (2.59 Kg m^3). Por la condiciones agroclimáticas y disponibilidad de agua que prevalecen en Baja California Sur, obtener más rendimiento o mayor productividad en el uso del agua debe valorarse como objetivo de siembra.

Bibliografía

Campos P, Julia Alicia. 2003. Manejo de agua en remolacha bajo riego por cinta de goteo. Universidad de Concepción. Fac. de Ingeniería Agrícola. Chile. http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=029564

González, M., y E. Ruz. 1999. Efecto de la aplicación de diferentes volúmenes de agua de riego y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de tomate industrial. Agricultura Técnica (Chile) 59:319-330.

Jensen, M. 1983. Design and operation of farm irrigation systems. 829 p. American Soc of Civil Engineers, New York, USA

Klocke, N.L., R.W. Todd, and J.P. Schneekloth. 1996. Soil water evaporation in irrigated corn. App Eng in Agric.12:3:301-306

Pérez-González J. Sánchez-Cohen; I, Mendoza-Moreno F. S, Inzunza-Ibarra M. A.; Cueto-W. J. A. 2003. Productividad y rendimiento de sandía por efecto del Agua en Diferentes Condiciones de Manejo. Rev. Chap. Serie Hort 9(2):209-223,

Lamm F.R., Trooien T.P. 2001. Irrigation capacity and plant population effects on corn production using SDI. In Proc. Irrigation Assn. Int'l. Irrigation technical Conf. San Antonio, TX. pages 73-84.

Ortega-Farias, S., R. Cuenca, B. Soliz, y C. Ortiz. 1997. Evaluación de la evapotranspiración de referencia usando la ecuación de Penman-Monteith. Ciencia e Investigación Agraria 23:61-66.

Ortega-Farias, Samuel; Márquez, Javier; Valdés, Héctor y Paillan, Juan H. 2001. Efecto de Cuatro Láminas de Agua Sobre dl Rendimiento y Calidad de Tomate (Lycopersicon Esculentum Mill. Cv. Fa-144) de Invernadero Producido en Otoño. Agric. Téc. 61(4): 479-487. [disponible en línea: http://www.scielo.cl , ISSN 0365-2807. citado 2013-08-15].

Saenger W, Ricardo Emilio.1984. Efecto de lámina de riego sobre rendimiento y componentes de rendimiento en dos cultivares de maravilla (Helianthus annuus L.). http://orton.catie.ac.cr/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=003607.

Tate D.M. Principios del uso eficiente del agua. 2004. www.unesco.org.uy/phi/libros/uso.eficiente/cap.2.html

Tijerina Ch.L. 2000 requerimientos Hídricos de Cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Terra Volumen 17 numero 3.

Simposium contaminación del agua y suelo

REMOCIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES POR EFECTO DEL SISTEMA SUELO-AGUA-PLANTA

González-Meraz, J.[1 *]

[1]**Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Jiutepec, Morelos, México.**

* Autor responsable: jgmeraz@tlaloc.imta.mx; Paseo Cuaunáhuac # 8532, Colonia Progreso, Jiutepec, Morelos, México, C. P. 62550, tel. +52 777 329-3600, ext. 196.

Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del suelo sobre la remoción de algunos componentes de las aguas residuales del ingenio Emiliano Zapata que infiltran a través del mismo. Se evaluó la calidad del agua de la descarga y de las aguas freáticas someras del área de estudio, producto de la percolación de las mismas aguas de descarga a través del suelo, aplicadas para regar los cañaverales. El efecto de los suelos del área de estudio sobre la remoción de contaminantes de las aguas residuales del ingenio Emiliano Zapata fue que remueve en más de 5 veces la cantidad de N total y 68% de P total de las aguas de descarga de ingenio, promueve los procesos de nitrificación al aumentar la concentración de nitratos y nitritos en las aguas freáticas (percoladas) en un 69%, eleva el pH del agua freática en 0.3 unidades, con respecto al agua de descarga y no tiene efecto sobre la variación de la CE del agua de descarga con respecto a la CE de las aguas freáticas.

Palabras clave: Suelo; efluente; remoción; freático

Introducción

Los métodos naturales de tratamiento engloban aquellos sistemas en los cuales el tratamiento principal es proporcionado por componentes del medio natural. Habitualmente se diferencian dos grandes grupos, los métodos de tratamiento mediante aplicación en el terreno (suelo) y los sistemas acuáticos. En todos ellos, el efecto depurador se debe a la acción conjunta de la vegetación, suelo, microorganismos (terrestres y acuáticos) y en menor medida, a la acción de animales superiores, sin la intervención de agentes artificiales (Älvarez *et al*., 2002).

Los mismos autores señalan que estos procedimientos naturales se caracterizan, en general, por sus menores necesidades de personal de operación y mantenimiento, menor consumo energético y menor producción de lodos. Como resultado de las anteriores características, resultan sistemas de tratamiento de bajo costo. Sin embargo, estos sistemas requieren mayores superficies de terreno. Este factor, a veces limitante, es el que determina que los llamados métodos naturales de tratamiento sean los apropiados y aconsejados para comunidades rurales.

El rasgo común de todos los métodos de tratamiento en el suelo es la depuración conseguida a través de los procesos físicos, químicos, biológicos naturales, desarrollados en el sistema agua-suelo- planta-matriz rocosa, reduciendo los contaminantes remanentes a través de fenómenos físicos, químicos y biológicos, entre los que destacan filtración, adsorción, intercambio iónico, precipitación química, oxidación y reducción química y biológica, conversión y degradación biológica de los contaminantes (Metcalf y Eddy, 1991).

Está documentado que estos sistemas eliminan con alta eficiencia la gran mayoría de los contaminantes del agua residual, en especial sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes y microorganismos patógenos, todo lo anterior esta en función de la operación alternada de llenado-secado, tipo de suelo y tasa de infiltración (Bitton y Harvey, 1992).

El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del sistema suelo-agua-planta, como un medio de remoción de nitrógeno y fósforo contenidos en el agua residual proveniente del ingenio Emiliano Zapata.

Materiales y Métodos

El área de estudio es parte del área de abastecimiento del ingenio Emiliano Zapata y se localiza entre las ciudades de Zacatepec y Jojutla. Ocupa una extensión de aproximadamente 300 ha. La precipitación media anual es de 999.8 mm anuales, con un máximo de lluvia en los meses de julio y agosto. La temperatura media anual es de 23.0°C. Los meses más cálidos del año son abril y mayo, alcanzando temperaturas de hasta 40°C. En contraste, los meses más fríos son diciembre y enero, descendiendo la temperatura hasta los 6°C. Los suelos del área corresponden a Fluvisoles, del pH ligeramente alcalino (7-1-7.9), conductividad eléctrica baja (menos de 1 dS/m) y altos contenidos de Ca y Mg respecto al Na.

La temporada de zafra del ingenio va desde noviembre hasta mayo, periodo durante el cual la descarga de aguas residuales de la fábrica es permanente y normalmente son utilizadas para el riego de los cañaverales. Sin embargo y como resultado de las deficientes prácticas de riego, existen descargas directas de esta agua al río Apatlaco.

Localmente se acostumbra regar con agua de “achololes” o de escurrimiento superficial excesivo (coleos) proveniente de parcelas que se riegan aguas arriba. Esta práctica implica poca atención de parte de los regadores para atender los riegos.

Se evaluó la calidad del agua de la descarga, así como la dinámica y calidad de las aguas subterráneas someras, previo conocimiento de que dicha área ha sido regada con las aguas residuales del ingenio por más de treinta años. El periodo de evaluación de las aguas de descarga fue durante el primer semestre de 2010 y de 2011.

Para el monitoreo de las aguas superficiales se realizaron 2 muestreos de 24 horas cada uno del efluente de descarga del ingenio, con intervalo de 1 mes entre cada uno. Es decir, cada muestreo consistió de seis muestras tomadas a intervalos consecutivos de 4 horas. Los parámetros analizados fueron aquellos que señalan la NOM-001-SEMARNAT-1996 y la LFD: temperatura, coliformes fecales (CF), huevos de helminto (HH), grasas y aceites (GyA), materia flotante (MF), nitrógeno total (NT), fósforo total (PT), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos sedimentables (SS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), metales pesados (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni Pb y Zn) y cianuros. Además se incluyeron la conductividad eléctrica (CE), pH y nitratos y nitritos (N-[NO_3+NO_2]).

Para el monitoreo de las aguas subterráneas se instalaron 18 pozos de observación del nivel freático somero. De estos 18 pozos de observación, 6 fueron seleccionados para obtener muestras del agua freática para determinar su calidad físico-química y se analizaron los mismos parámetros que en las muestras del agua de descarga.

Para determinar los requerimientos hídricos de la caña de azúcar, se determinó la evapotranspiración de referencia y requerimiento de riego para caña de azúcar, con datos climatológicos de la estación INIFAP-Zacatepec para el periodo 2006-2009. Se utilizó la ecuación de Penman-Montieth (PM) en una versión simplificada de la FAO (Allen *et al*., 2006), usando como referencia el cultivo de pasto.

Resultados y Discusión

Aunque los lapsos de tiempo no son los mismos entre los datos de efluente y los datos de agua freática, la presentación de resultados de un solo evento de muestreo corresponde a 6 muestras tomadas durante 24 horas (una cada 4 horas) en las dos fechas correspondientes (marzo y abril de 2010). Para el caso de las aguas freáticas, dicha presentación corresponde a seis pozos de observación muestreados en marzo de 2010, mayo de 2010 y marzo de 2011. Dado que estos resultados son complementarios a lo presentado en trabajos anteriores sobre el mismo estudio, ahora se analizarán los datos de CE, pH, N total, N(NO_3 -NO_2) y P total.

En la figura 1 se muestra la variación de la conductividad eléctrica (CE) encontrada en los dos muestreos del efluente (descarga) del ingenio y los tres muestreos de las aguas freáticas.

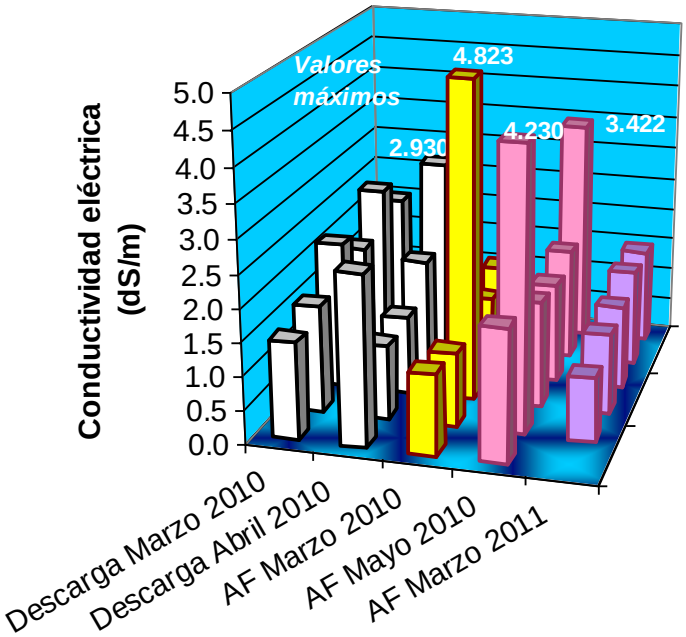


Figura 1. Comportamiento de la conductividad eléctrica (dS/m) en los efluentes (barras blancas) y las aguas freáticas (barras coloreadas).

En la figura anterior se observan algunos valores que alcanzan más de 4 dS/m, obteniéndose valores máximos y mínimos de 2.93 y 1.12 dS/m (promedio 1.90) para las muestras del efluente. Para las muestras de agua freática resultaron valores máximos y mínimos de 4.82 y 0.96 dS/m (promedio 1.95).

Por otro lado, los valores de Relación de Adsorción de Sodio (RAS), de las aguas freáticas son bajos (máximo de 6.22, mínimo 0.37 y promedio 1.32), si se considera que el límite establecido para daños a los cultivos por sodicidad es de 13.0.

A pesar de que los valores de CE son relativamente altos (la caña de azúcar es poco tolerante a la salinidad), el rendimiento medio de la caña de azúcar en la zona de estudio (100 ton/ha) es superior a la media nacional (75 ton/ha). Este caso es emblemático en cuanto que el daño por salinidad esta más en función del tipo de ión dominante que por una CE alta *per se*. Los valores bajos de RAS indican que los cationes dominantes son el Ca^{2+} y Mg^{2+} por encima del Na^{+}, los cuales no representan un riesgo potencial ni para el suelo, ni para el cultivo, como lo sería si el ion Na fuera el dominante. En campo no se observan ni se reportan daños por salinidad o sodicidad en el cultivo.

En la figura 2 se muestra la variación del pH encontrada en los dos muestreos del efluente del ingenio y los tres muestreos de las aguas freáticas.

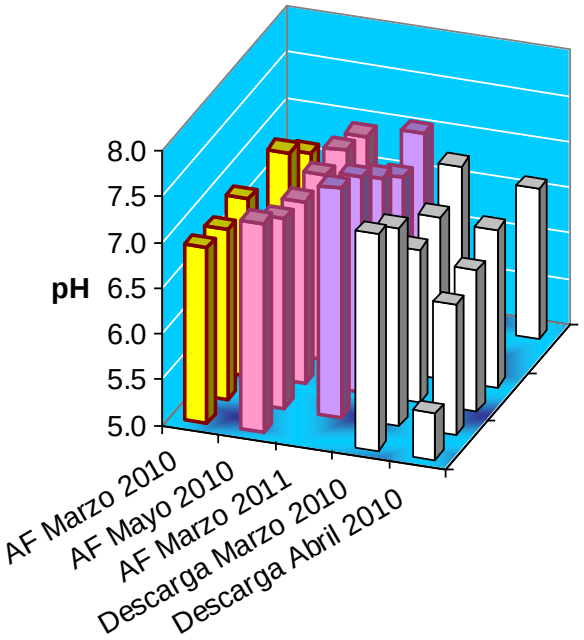


Figura 2. Comportamiento del pH en los efluentes (barras blancas) y las aguas freáticas (barras coloreadas).

De la figura anterior se observa que los valores de pH se encuentran mayormente entre 6.0 y 7.0, existiendo picos puntuales en tiempo con valores tan altos como 9.09 en el efluente del ingenio y 9.70 en agua freática. Estos picos deben corresponder a descargas puntuales con elementos muy ácidos o muy alcalinos que se presentan durante el periodo de zafra y que deben ser controlados desde la fábrica para evitar la contaminación y los daños consecuentes a los cultivos que se riegan en esos lapsos de tiempo.

Al eliminar los valores extremos, se obtiene un promedio de 7.02 para las aguas freáticas y 6.68 para los efluentes (descargas). Se observa así una ligera tendencia de aumento del pH de las aguas freáticas con respecto al agua cruda de la descarga.

En la figura 3 se observa que las concentraciones de nitrógeno (N) total en las aguas freáticas. En ningún caso exceden el límite permisible que marca la NOM-001-SEMARNAT (1996), que es de 60 mg/L y 40 mg/L en promedio mensual y diario respectivamente, para descargas en ríos y uso en riego agrícola. Ningún resultado presentó un valor de concentración mayor a 10 mg/L, incluyendo las muestras de agua de descarga.

La concentración de N total tiende a ser mayor en las aguas de descarga que en aquellas de las aguas freáticas, siendo sus promedios 14.90 y 2.56, respectivamente, lo cual es concordante con el hecho de las aguas de descarga transportan una gran cantidad de materia orgánica proveniente del bagazo de la planta de caña de azúcar, es decir, gran cantidad de N en forma de proteína vegetal. El agua freática, por otro lado, después de haber percolado a través del suelo, presentan una cantidad relativamente menor de N total, aparentemente como resultado de la retención del N orgánico y de las formas solubles de N por los coloides del suelo.

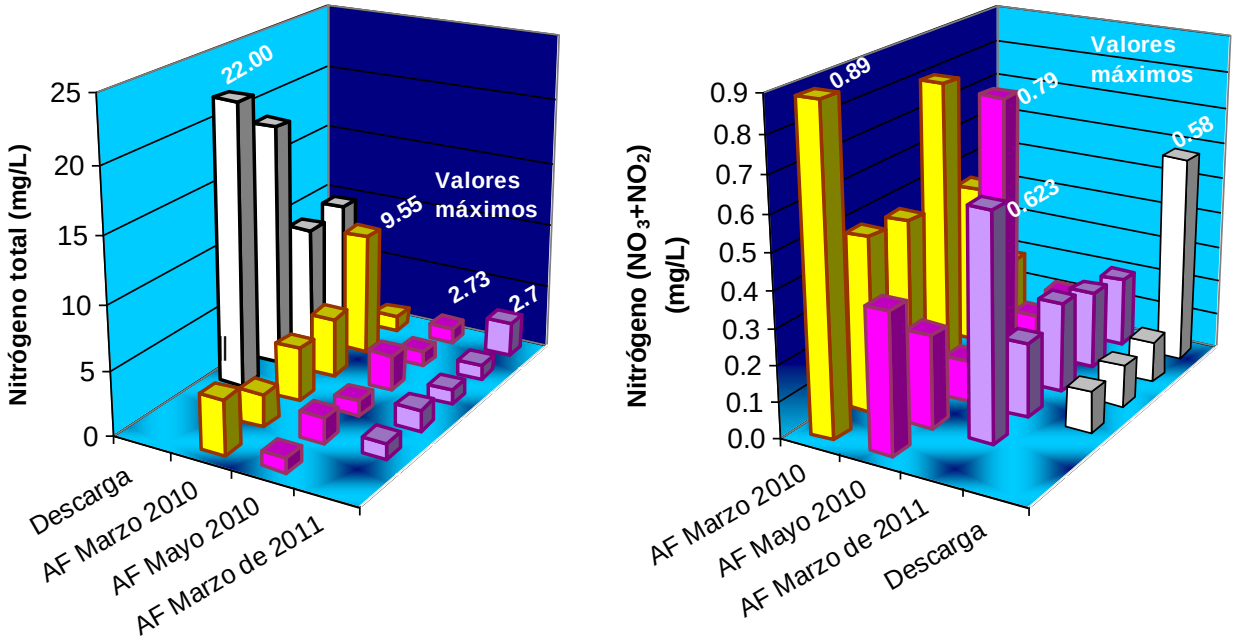


Figura 3. Comportamiento de Nitrógeno en forma de y Nitrógeno total (mg/L) y N(NO_3 -NO_2) (mg/L) en el efluente (barras blancas) y en el agua freática (barras de color).

De la figura anterior, se observa que las concentraciones de nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-) en las aguas freáticas presentan una tendencia al aumento (69% en promedio) en su concentración con respecto a los resultado del agua de descarga, con promedios de 0.39 y 0.23, respectivamente, lo cual indica que tienden a activarse los procesos de nitrificación en el suelo a partir de una fuente de N orgánico proveniente de las aguas de descarga. Es improbable que los nitratos y nitritos del agua freática provengan de un efecto residual de los fertilizantes aplicados al cultivo, dado la alta movilidad de dichos iones.

En la figura 4 se observa que las concentraciones de Fósforo (P) total en las aguas freáticas.

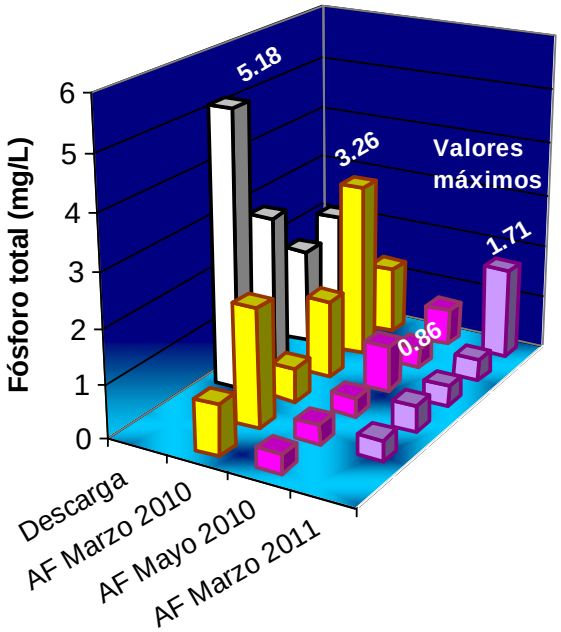


Figura 4. Comportamiento de Fósforo total (mg/L) en el efluente (barras blancas) y en el agua freática (barras de color).

En ningún caso exceden el límite permisible que marca la NOM-001-SEMARNAT (1996), que es de 30 mg/L y 20 mg/L de promedio diario y mensual respectivamente, para descargas en ríos y uso en riego agrícola. Ningún resultado presentó un valor de concentración mayor a 6 mg/L, incluyendo las muestras de agua de descarga.

La concentración de P total tiende a ser mayor (68% en promedio) en las aguas crudas de descarga que en aquellas de las aguas freáticas, siendo sus promedios 2.98 y 0.95, respectivamente, por lo cual se infiere que la mayor cantidad de P detectado es la forma orgánica.

Conclusiones

El efecto de los suelos del área de estudio sobre la remoción de contaminantes de las aguas residuales del ingenio Emiliano Zapata es: (i) remueve en más de 5 veces la cantidad de N total y 68% de P total de las aguas de descarga de ingenio; (ii) promueve los procesos de nitrificación al aumentar la concentración de nitratos y nitritos en las aguas freáticas (percoladas) en un 69%; (iii) eleva el pH del agua freática en 0.3 unidades (5% en promedio), con respecto al agua de descarga, y (iv) prácticamente indistinto en cuanto a la variación entre la CE del agua de descarga y la CE de las aguas freáticas (2.5%).

Bibliografía

Allen Richard G., William O. Pruitt, James L. Wright, Terry A. Howell, Francesca Ventura, Richard Snyder, Daniel Itenfisu, Pasquale Steduto, Joaquin Berengena, Javier Baselga Yrisarry, Martin Smith, Luis S. Pereira, Dirk Raes, Alain Perrier, Isabel Alves, Ivan Walter and Ronald Elliott. 2006. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO 56 Penman-Monteith method. Agricultural Water Management 81 (2006) 1–22.

Álvarez Bernal, D., Contreras Ramos, S. M. y Poggi Varaldo, H. M. 2002. Sistemas de tratamiento de aguas residuales por aplicación al suelo. Avance y Perspectiva, Septiembre-octubre, Vol. 21:333-340.

Bitton G. and R.W. Harvey. 1992. Transport of pathogens through soils and aquifers. En: Environmental microbiology (R. Mitchell, Ed.) Wiley-Liss, Nueva York, pp. 103-125.

Metcalf and Eddy Inc. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 3rd edn, revised by G. Tchobanoglous and F.L. Burton, McGraw-Hill Inc, Singapore.

Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. 1996. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. México.

PRETRAMIENTO CON PEROXIDO DE HIDROGENO Y FITORREMEDIACIÓN CON E*CHINOCHLOA POLYSTACHYA* DE GLEYSOL PETROLIZADO

González Zarate, C.[1*]; Rivera Cruz, M. C.[2]; Palma López, D. J.[3]; Hidalgo Moreno, C. I.[4]

*Autor responsable: mariari@colpos.mx; Calle Periférico Carlos A. Molina S/N Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km.3. H. Cárdenas, Tabasco. México. CP. 86500; Tel. 01(937)-3722386.

Resumen

El potencial del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y la fitorremediación en la descontaminación de suelo con petróleo fresco (PF) e intemperizado (PI) fue evaluada en esta investigación. Fueron 13 tratamientos combinados con; dosis de H_2O_2 (DPXI) (0,20 y 30%), dosis de PF e PI (25000 y 5000, 30724 y 52407 mg kg^{-1}) y un testigo absoluto (3454 mg kg^{-1} HTP biogénico). A las 48 horas (después de aplicado el H_2O_2) y cuatro meses después de plantado *Echinochloa polystachya* se evaluó el porcentaje de descontaminación de hidrocarburos totales del petróleo (PDHTP), la densidad de bacterias fijadoras de N de vida libre (BFN) y solubilizadoras de P (BSP) en suelo y rizósfera. Los resultados indican que el PDHTP fue no significativa por efecto de DPXI, pero significativa con DP e interacción (DPXI) (DP). El mayor PDHTP se presento con el 2% de H_2O_2 y fitorremediación en suelo que contenían 25 000 mg kg^{-1} PF, para PI (30724 mg kg^{-1}) fue mejor el 3% de H_2O_2. La presencia de BFN y BSP en el suelo y rizósfera de los 13 tratamientos, indican que estas bacterias son tolerantes y posiblemente utilizan como fuente de carbono y energía a los hidrocarburos del PF y PI, ellas se incrementan en suelo con contenidos menores a 30724 mg kg^{-1}. Por lo tanto el uso de H_2O_2 como tratamiento antes de la fitorremediación es efectiva en la recuperación de Gleysoles del sureste de la Republica Mexicana. Es necesario estudiar en volúmenes grandes de suelos contaminados con petróleo la inversión económica por uso de H_2O_2.

Palabras clave: Tecnologia química; rizósfera; petróleo

Introducción

Los hidrocarburos derivados del petróleo fresco (PF) e intemperizado (PI) son contaminantes presente en suelos de zonas petroleras del mundo. El PF es depositado por la extracción, conducción y transporte del petróleo crudo de las baterías a petróquimicas (Banks *et al*., 2003; Trujillo *et al*., 2012). Este PF al permanecer en el suelo se convierte en PI que contiene hidrocarburos recalcitrantes estables y de difícil degradación biológica (Botello, 1999). Los hidrocarburos son altamente tóxicos, cancerígenos y mutagenicos con riegos para la salud y el ambiente (Pothuluri y Cerniglia, 1994; Mohsenzade *et al*., 2009; Diab, 2008), por lo tanto deben ser eliminados en corto tiempo. El proceso de degradación para algunas fracciones de hidrocarburos es en corto tiempo, pero otras es largo, al respecto para optimizar el tiempo de este proceso según Riser-Roberts, (1998) se ha diseñado tecnologías químicas y biológicas, que se combinan durante su uso. Una combinación puedes ser el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) y plantas nativas con potencial fitorremediador. El H_2O_2 en dosis desde cinco a 50% de su peso, es utilizado en pretratamientos químicos de moléculas orgánicas (lípidos, proteínas e hidrocarburos) indeseables adheridas a matrices sólidas y liquidas (Goi *et al.,* 2009). La fitorremediación se basa en el uso de procesos naturales de las plantas, microorganismos asociados a la rizósfera y técnicas agronómicas (Pilon-Smits 2005; Robertson *et al*., 2007) para contener, inmovilizar, remover, estabilizar y/o mineralizar los contaminantes o transformarlos en compuestos menos tóxicos. De aplicación *in situ,* no destructiva, estéticamente agradable por su crecimiento vegetal y aceptada públicamente. Sin embargo es un método que se limita al nivel de toxicidad del contaminante, es más lento que otros tratamientos y se podría transferir los contaminantes a la cadena trófica (Pilon-Smits 2005). Sin

embargo la fitorremediación es una tecnología que contribuye a generar un ambiente de beneficio mutuo para la mejora del suelo y nutrición de planta llamado rizósfera. El objetivo es determinar el potencial del peróxido de hidrogeno y la rizósfera de *Echinochloa polystachya* en la descontaminación de PF y PI en un Vertisol del Trópico Húmedo mexicano. El aporte de este trabajo representa una alternativa para conocer y obtener una combinación secuencia de tecnologías de recuperación de suelo de una manera amigable con el ambiente.

Materiales y Métodos

Para este experimento se uso H_2O_2 industrial al 50% de pureza, marca Mardupal S.A de C.V., el pasto E*chinochloa polystachya* fue colectado en un humedal del Trópico Húmedo del estado de Tabasco. Un PF mediano crudo recién extraído del pozo batería cinco del campo petrolero Cinco Presidentes y un PI que ha estado por más de 20 años adherido en una matriz de un Gleysol del sureste del estado de Tabasco, México. El experimento fue completamente al azar con 13 tratamientos (12 derivados de factorial 4x3 y un testigo absoluto con 3454 HTP biogénico). Los factores fueron: 1) cuatro niveles de petróleo; dos de PF (25 000 y 50 000 mg kg^{-1} HTP) dos PI (30408 y 54 195 mg kg^{-1}). 2) Tres niveles de H_2O_2 (0, 20 y 30%). Todas las unidades experimentales se plantaron con *Echinochloa polystachya* a los dos días después de aplicado al suelo H_2O_2. El porcentaje de descontaminación de HTP (PDHTP) se evaluó a los dos días y cuatro meses [método EPA 418.1 modificado para suelo y sedimentos (EPA 1986), y la cuantificación gravimétrica la indicada en NMX-AA-134-SCFI-2006 (Consuegra, 2006)]. La densidad de bacterias fijadoras de N de vida libre (BFN), solub. de P (BSP) y hongos heterótrofos (HH) en suelo y rizósfera a los cuatro meses, se evaluó con la técnica cuenta viable por dilución seriada en medios de cultivos específicos. Se realizó el ANDEVA de las medias (Tukey $p \leq 0.05$) de cuatro repeticiones (SAS, 2005).

Resultados y Discusión

Al día dos, el PDHTP fue no significativa por efecto de dosis de H_2O_2 (PXI) (pretratamiento), pero significativa por dosis de petróleo (DP) e interacción (DP)(PXI). Al mes cuatro, es significativa por efecto de PXI, DP e interacción de ambos factores. La densidad de BFN, BSP y HH en rizósferico de *Echinochloa polystachya* es significativa por efecto de DP y la interacción (DP)(PXI) (Cuadro 1).

El PDHTP presento diferencias estadísticas significativas (Tukey $p \leq 0.05$) (Figura 1) en los 13 tratamientos, por efecto del pretratamiento químico (H_2O_2) al día dos y la fitorremediación a los cuatro meses. La remoción de HTP por el H_2O_2 al día dos fue diferente según el tipo de petróleo; de 32.89 a 21.39 % en suelo con PF, y en PI de 1.86 a 13.06%. Esto comprueba el potencial inestable y oxidativo del H_2O_2 hacia los hidrocarburos del petróleo, que según La Grega *et al*., (1997); Odetti-Bottani, (2006) induce una reacción exotérmica (tiempo de duración ± dos horas), produce OH y radicales libres para formar CO_2, agua y oxígeno con liberación de calor por calentamiento y exposición a la luz. El uso de *Echinochloa polystachya* posterior a la oxidación química de los hidrocarburos, incremento a los cuatro meses la descontaminación del PF y PI. En PF el mayor PDHTP (57%) fue observado en suelo con 25 000 mg kg^{-1}+2% de H_2O_2, pero PI alcanzo hasta 47.97% en dosis de 30 724 + 2% H_2O_2 (Figura 1). Esta respuesta puede ser por la presencia de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), las cuales fueron localizadas en la rizósfera de *Echinochloa polystachya* en los 13 tratamientos evaluados en esta investigación, sobresale que la BFN y BSP son mayores en suelos con PF y menores en suelo con PI (Cuadro 3). Las PGPR mitigan el efecto toxico de sustancias contaminantes (Xiao-Dong *et al*., 2004) debido a que utilizan como fuente de carbono y energía a los hidrocarburos del petróleo (Wenzel, 2009) a través de procesos de degradación y/o cometabolismo. Al respecto Rivera-Cruz *et al* (2004) menciona que en suelo con 50 000 mg kg^{-1} PF, a los cuatro meses *Echinochloa polystachya* inoculada con bacterias y hongos nativos descontamina un 62%.

El uso de 20% de H_2O_2 y la fitorremediación de manera conjunta indujeron en suelo con dosis de 25000 mgkg^{-1} PF y 30 724 mg kg^{-1} PI aumento (58.23 y 86.23%) en el PDHTP respecto a suelo sin

H_2O_2, sin embargo en dosis de 50000 PF y 54 195 mgkg^{-1} PI (Cuadro 2) fue menor la descontaminación; 34.19 y 27.61% respectivamente. Dosis del 30% de H_2O_2 y fitorremediación en suelo con 50000 y 54195 mgkg^{-1} de HTP derivados de PF y PI (Cuadro 2), no incremento la descontaminación respecto a suelo sin H_2O_2. Esta respuesta posiblemente se debe a la relación alta de carbono contenida en sustrato y la cantidad baja de H_2O_2 que no lograr ponerse en contacto con la matriz para oxidarla. La densidad de BFN y BSP en suelo y rizósfera presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey p≤0.05) (Cuadro 3) por efecto de dosis de petróleo y peróxido de hidrogeno. La mayor densidad se observan en el tratamiento testigo. El efecto rizósfera derivado de la presencia de BFN y BSP, está presente en tratamientos testigos y en los seis con PF. Pero en los tratamientos con PI el efecto no es inducido por BFN. Los seis tratamientos con PF presentaron en ambos espacios evaluados, densidades mayores respecto a los seis tratamientos pero con PI. Esta diferencia puede ser por las condiciones físicas y químicas que caracterizan a los suelos con PI, los cuales tienden a compactarse, aumentar la agregación lo que induce poca oxigenación y retención de agua en los espacios porosos (Trujillo *et al*., 2012), además los contenidos de hidrocarburos policiclicos y recalcitrantes se mineralizan de manera muy lenta (Botello *et al*., 1999).

Cuadro 1. Dos factores (ANOVA) dosis de petróleo fresco e intemperizado y dosis de peróxido para todos los parámetros estudiados después del pretratamiento con peróxido (a los dos días) y de la fitorremediación, cuatro meses después de plantado *Echinochloa polystachya*.

	Dosis (P)	Peróxido (PXI)	(P)(PXI)
Después de H_2O_2			
PDHTP	<0.079	NS	<0.001
BFN	<0.001	<0.005	<0.001
BSP	<0.007	<0.010	<0.001
H. heterótrofos	NS	<0.015	<0.001
Fitorremediación			
PDHTP	<0.017	<0.001	<0.001
BFN	<0.001	NS	<0.001
BSP	<0.001	NS	<0.001
H. heterótr	<0.001	<0.001	<0.001

NS: no significativo; Letras minúsculas y/o mayúsculas diferentes por columnas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey ≤0.05). n=4.

Conclusiones

El peróxido de hidrogeno como primer tratamiento para remover hidrocarburos del PF de un Gleysol en dos días resulto positivo, pero el petróleo intemperizado se remueve en menor cantidad. La fitorremediación posterior al pretratamiento químico es una alternativa para incrementar los porcentajes de descontaminación de hidrocarburos derivados del PF y PI, pero en dosis inferiores a 30724 mgkg^{-1} de HTP. El uso conjunto del H_2O_2 y la fitorremediación aplicados a suelos contaminados hasta 25000 mgkg^{-1} HTP derivado del PF y 30724 de PI tiene potencial para incrementar en menor tiempo la descontaminación. La densidad de bacterias reguladoras de crecimiento vegetal logran establecerse en suelos y rizósfera de *Echinochloa polystachya* pretratados con H_2O_2, pero disminuyen en suelo con PI, lo que posiblemente afecto el proceso de degradación de hidrocarburos recalcitrantes presente en este tipo de petróleo.

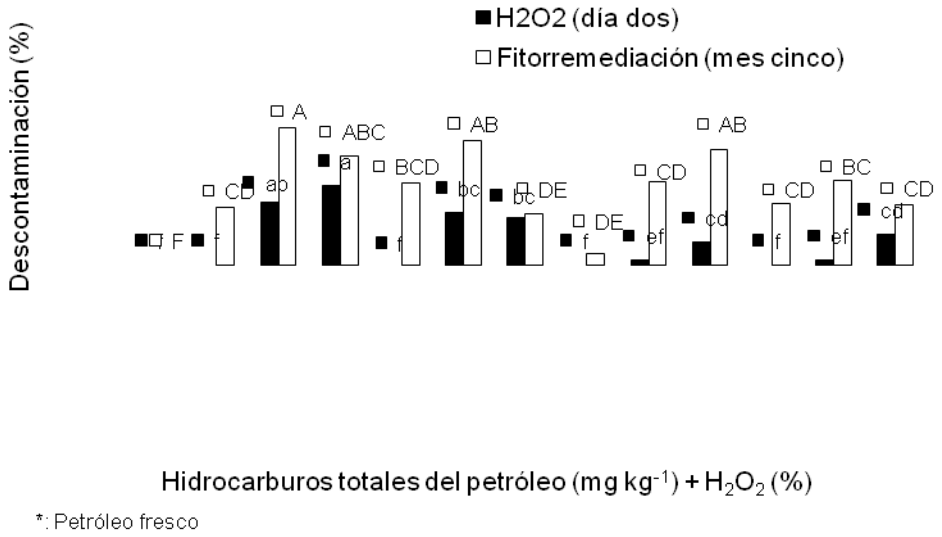


Figura 1. Descontaminación de petróleo fresco e intemperizado con tecnología química y biológica.

Cuadro 2. Efecto del peróxido de hidrogeno y *Echinochloa polystachya* en la degradación de petróleo fresco e intemperizado al mes cuatro.

25000			50000			30408 mg kg^{-1} PI♀			54195 mg kg^{-1} PI		
H_2O_2 (%)	DEG (%)	A† (%)	H_2O_2 (%)	DEG (%)	A (%)	H_2O_2 (%)	DEG (%)	A (%)	H_2O_2 (%)	DEG (%)	A (%)
0	23.8	-	0	34	-	0	4.72	-	0	25.37	-
20	57	58.24	20	51.67	34.19	20	34.30	86.23	20	35.05	27.61
30	45	47.11	30	21.37	-59.0	30	47.97	90.16	30	24.89	-1.89

†: Aumento. El cálculo se realizó con la relación de la degradación en suelo sin H2O2 respecto al suelo con peróxido. ¶: Petróleo fresco. ♀: Petróleo intemperizado.

Cuadro 3. Densidad de bacterias fijadoras de N y solubilizadoras de P en suelo y rizósfera de *Echinochloa polystachya* , a los cuatro meses después de pretratamiento químico y biológico.

HTP (mg kg^{-1})/H_2O_2 (%)	Rizósfera		Suelo		Efecto rizósfera	
	BFN	BSP	BFN	BSP	BFN	BSP
	10^4 UFC g^{-1} s.s					
Fresco						
3254 (biogénico)	2890a†	249810a	23a	32.53a	125.65	7679.37
25 000+0	490cd	64810bc	2.04de	5.06cd	240.19	12808.30
25 000+20	610c	72960ab	3.37cde	5.38cd	181.00	1356.13
25 000+30	600c	25804cde	3.85cde	17.00b	1558.44	1520
50 000+0	1600b	10440b	3.20cde	16.38bc	500.00	637.36
50 000+20	510ed	16100dc	4.28cde	17.79b	119.15	90.50
50 000+30	660c	53700bc	0.59e	10.80bcd	1118.64	497.22
Intemperizado						
30 408+0	0.56c	26.6e	5.67bcd	4.39d	0.12	6.05
30 408+20	0.69c	5.22e	6.37bc	4.05d	0.10	1.28
30 408+30	0.44c	0.40e	8.11bc	5.14cd	0.04	0.07
54 195+0	0.38c	29.80e	5.91bcd	6.97bcd	0.06	4.27
54 195+20	0.39c	27.30e	9.93b	5.54bcd	0.03	4.92
54 195+30	0.16c	23.40e	7.29bc	6.06bcd	0.02	3.86

†: Medias con mismas letras de cada columna no tienen diferencias estadísticas significativas (Tukey, p=0.05, a > b, n=4).

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento al apoyo a investigación de profesores investigadores 2012-2013 (Clave: 40018).

Bibliografía

Banks, M.K., P. Kulakow, A. P. Schwab, Z. Chen and K. Rathbone. 2003. Degradation of Crude Oil in the Rhizosphere of Sorghum bicolor. International Journal of Phytoremediation 5: 225-234.

Botello, V.A. 1999. Fuentes, Transformación y caracterirización Geoquímica del Petróleo en el Ambiente Marino. *In:* Botello, A. V., J. L. Rojas-Galaviz, J. A. Benítez y D. Zárate-Lomelí (eds). Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnostico y Tendencias. Universidad Autónoma de Campeche, México. pp: 211-223.

Consuegra, G.R.C. (2006) NMX-AA-134-SCFI-2006. Suelo - hidrocarburos fracción pesada por extracción y gravimétrico - método de prueba. Dirección de Normalización. SEMARNAT-México. 27 pp.

Diab, E.A. 2008. Phytoremediation of oil contaminated desert soil using the rhizosphere effects. Global Journal of Environmental Research. 2: 66-73.

EPA (1986) Method 418.1 mod. Petroleum Hydrocarbon, Total Recoverable. Environmental Protection Agency. Spectrophotometric Infrared. 8 pp.

Goi, A., Trapido, M., and Kulik, N. 2009. Contaminated Soil Remediation with Hydrogen Peroxide Oxidation. World Academy of Science, Engineering and Technology. 52 p.

LaGrega, D.M., Buckingham L, P y Evans C, J. 1997. Tratamiento, Eliminación y Recuperación de Suelos. Vol. 1. Ed. 1ra. Editorial. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A. 1251 p.

Mohsenzade, F., Nasseri, S., Mesdaghinia, A., Nabizadeh, R., Zafari, D and Chehregani, A. 2009. Phytoremediation of petroleum-contaminated soils: Pre-screening for suitable plants and rhizospheral fungi. Toxicological & Environmental Chemistry. 91: 1443-1453.

Odetti-Bottani E. 2006. Introducción a la química inorgánica. Secretaria de Extensión Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina. 429 pp.

Pilon-Smits, E. 2005. Phytoremediation. Annual. Review of Plant Biology. 56: 15-39.

Pothuluri, J. V and C. E. Cerniglia. 1994. Microbial metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons. *In*: Biological Degradation and Bioremediation of Toxic Chemicals. Chaudhry, G. R. (ed.). Dioscorides Press. Portland, OR, USA. pp: 92-124. Rennie, R.J. 1981. A single medium for the isolation of acetylenereducing (dinitrogen-fixing) bacteria from soils. Can. J. Microbiol. 7: 8-14.

Rivera-Cruz M.C., R, Ferrera- Cerrato., V, Volke- Haller. L. Fernández-Linares y R, Rodríguez-Vázquez. 2004. Descontaminación de suelos con petróleo crudo mediante microorganismos autóctonos y pasto alemán [Echinochloa polystachya (H. B. K. Hitchc.)]. Agrociencia 38: 1-12

Robertson, S. J., W. B. McGill, H. B. Massicotte and P. M. Rutherford. 2007. Petroleum hydrocarbon contamination in boreal forest soils: a mycorrhizal ecosystems perspective. Biol. Reviews 82: 213-240.

Trujillo-Narcía A, Rivera-Cruz MC, Lagunes-Espinoza LC, Palma-López DJ, Soto -Sánchez S, Ramírez-Valverde G (2012) Efecto de la restauración de un Fluvisol contaminado con petróleo crudo. ***Rev. Int. Contam. Ambie*. 28: 361-374.**

Xiao-Dong, H., Y. El-Alawi., D.M. Penrose., B. R. Glick and M.G. Bruce. 2004. Responses of three grass species to creosote during phytoremediation. Environ. Pollution 130: 453e-463

Wenzel, W. W. 2009. Rhizosphere processes and management in plant-assisted bioremediation (phytoremediation) of soils. Plant Soil 321: 385-408.

APLICACIONES DE TEMIK 15G® AL SUELO PARA EL CONTROL DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS *Diaphorina citri* Kuwayama

Loya Ramírez, J. G.[1*]; Ruiz Espinoza, F. H.[1]; Navejas Jiménez, J.[2]; Beltrán Morales, F. A.[1]; Zamora Salgado, S.[1]; Alcalá Jáuregui, C. A.[3]; Reyes Sánchez, R. G.[1]

[1]Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, Baja California Sur. México.
[2]INIFAP. KM 208, Cd. Constitución, Baja California Sur. México.
[3]Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, San Luis Potosí. México.

*José G. Loya Ramírez: jloya@uabcs.mx; Calle Miraflores Núm. 214, Col. Bellavista, La Paz, Baja California Sur. México. CP 23050; Tel. +52(612)-127-3332

Resumen

El psílido asiático de los cítricos, Diaphorina *citri Kuwayama*, vector de la enfermedad "huanglongbing" (HLB), ha sido distribuido en todo el estado de Baja California Sur en los últimos 5 años. Esta enfermedad también conocida como dragón amarillo, ha sido confirmada en el puerto de San Carlos, comunidad ubicada a 30 km de la zona citrícola. El objetivo de este trabajo fue encontrar una medida efectiva de protección para árboles en crecimiento. El experimento fue establecido en el Lote 3, Colonia Cuauhtémoc, en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. Cuatro dosis de Temik® (5.0, 10.0, 15.0 y 20.0 kg/ha), fueron comparadas. Las cuales fueron aplicadas en dos bandas ubicadas en ambos lados del árbol. Las variables medidas fueron número de brotes con ninfas/árbol y número de adultos/árbol. Con respecto a la primera variable, la dosis que presentó menor número de brotes con ninfas/árbol (<1.0) fue la más alta (20 kg/ha). En cambio, la dosis de 5.0 kg/ha presentó un promedio superior a los 5.0 brotes de ninfas/árbol, lo cual indica menor efectividad de protección contra Diaphorina *citri* Kuwayama. En la variable número de adultos/árbol, los promedios inferiores ocurrieron en la dosis de 20.0 kg/ha en las cuales no se encontró ningún adulto en las diecisiete fechas de muestreo. La dosis de 5.0 kg/ha tubo menor efectividad, con el promedio más alto (1.8 adultos/árbol) el 26 de agosto. Este nivel supera al umbral económico (1.0 adulto/árbol) establecido en esta área citrícola.

Palabras clave: Control químico; aldicarb; huanglongbing

Introducción

En Baja California Sur se cultivan 2,775.0 ha de naranja. Los principales municipios productores son comondú con 2,450.0 ha, La Paz con 119.5 ha y Los Cabos con 111.0 ha. La producción anual total de naranja es de 32,256 ton con un valor de 115,027 pesos (SAGARPA, 2012). El problema sanitario principal que enfrenta la citricultura es el ataque de la enfermedad "Huanglongbing" transmitida por el psílido asiático de los cítricos (PAC), Diaphorina *citri* Kuwayama*,* el cual se ha distribuido en todo el estado de Baja California Sur transmitiendo esta enfermedad la cual ha sido confirmada en el puerto de San Carlos comunidad ubicada a 30 km de la zona citrícola. Esta enfermedad no puede ser curada hasta ahora, por lo tanto la medida más efectiva de protección de los arboles es el control del vector de la enfermedad. Dado que resulta indispensable mantener los niveles de infestación lo más cercanos a cero posible, el control químico ha sido hasta ahora la medida más efectiva, como medida de urgencia, para controlar a este insecto.

Los insecticidas imidacloprid, fenpropathrin (Danitol®), aldicarb (Temik®), chlorpyrifos (Lorsban®), carbaryl (Sevin®) y dimetoato® están autorizado para aplicarse en cítricos en florida (Browning et al. 2005). Además, Hall (2008) coincide en que los productos enlistados anteriormente han demostrado eficacia contra el psílido de los cítricos.

En Florida, EUA, se recomienda tratar las huertas jóvenes durante el periodo de invierno-primavera (diciembre-abril) con aldicarb (Temik 15G®), en dosis de 62.2 gr por árboles de 1 a 2 años

de edad, equivalente a 20.0 kg/ha, aproximadamente. (Villanueva-Jiménez *et al,* 2011). Sandoval-Rincón, et al, (2010) hicieron una revisión bibliográfica sobre las alternativas de control del PAC en la cual concluyen que los insecticidas sistémicos le ofrecen un periodo más largo de protección a los árboles.

Croxton *et al.* (2010) mencionan que Aldicarb (Temik®) y spirotetramat (Movento) son insecticidas sistémicos utilizados para controlar el PAC por el suelo y vía foliar, respectivamente. Estos autores compararon dos calendarios de aplicación: usando Temik® con y sin Movento, además de una aplicación de un piretroide, fenpropatrin (Danitol) en febrero. Los resultados indican que la aspersión de fenpropatrin durante período de latencia (en febrero) controló las poblaciones durante cuatro meses en la fase de rebrote. Todos los tratamientos de Temik® y Movento mostraron una efectividad similar y extendieron el periodo de protección varios meses más comparado con una sola aplicación del fenpropatrin en el mes de febrero.

Blakeley *et al.* (2003) mencionan que Temik® es un pesticida etiquetado para usarse en el control del arador, mosca blanca y afido café de los cítricos. Los mismos autores realizaron un análisis económico donde encontraron que con la aplicación de 26.8 kg/ha de Temik®, en árboles de naranja y toronja, las ganancias son mayores a los 500 dólares por ha.

Stansly and Rouse (1994) mencionan que la aplicación de Temik® en tres dosis: 14.6, 22.4 y 37.0 kg/ha, por dos años sucesivos en árboles en producción establecidos en el sur de Florida, suprimió las poblaciones del arador durante seis meces después de la aplicación del producto en ambos años. Una reducción de frutas desechadas en empaque y una mejoría significativa en el rendimiento fue observada en el segundo año en los tratamientos de Temik®. Aunque no hubo diferencias significativas entre las dosis de Temik® aplicadas.

Materiales y Métodos

Este experimento fue llevado a cabo en un huerto comercial de cítricos que cuenta con un sistema de riego por goteo, esta huerta se encuentra ubicada en el Lote 3 en la Colonia Cuauhtémoc, en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur (Figura 1). Las plantas de *Citrus sinensis* empleadas tenían una edad de cuatro años. Cuatro diferentes dosis de Temik 15G® fueron evaluadas. Un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones, fue utilizado en este experimento. Las dosis comparadas fueron de 16.0, 32.0, 48.0 y 64.0 g/planta (5.0, 10.0, 15.0 y 20.0 kg/ha, respectivamente), las cuales fueron aplicadas el día 4 de julio de 2012. Estas dosis fueron aplicadas en el suelo, a una separación de 30 cm de la planta. Cada dosis fue dividida en dos partes y cada una fue colocada en una zanja de 5 cm de profundidad y de 30 cm de longitud. Las zanjas fueron localizadas en los costados este y oeste del árbol. Las variables medidas para cuantificar la efectividad de los tratamientos fueron número de adultos/árbol y número de brotes con ninfas/árbol. El conteo de psílidos de adultos y ninfas fue llevado a cabo, aproximadamente, cada dos semanas, en el cual se revisaron los brotes tiernos de los cuatro puntos cardinales del árbol.

Resultados y Discusión

La Figura 2 muestra que, en general, la infestación de ninfas fue baja (< 0.8 brotes con ninfas/árbol). Solo fueron encontrados brotes infestados con ninfas en seis de las diecisiete fechas de muestreo. El nivel de infestación más alto (>5.0 brotes con ninfas/árbol) se presentó el 26 de agosto de 2012. Por tanto, solo en esta fecha es posible comparar el efecto de las dosis de Temik® sobre esta variable. En la Figura 2 se observa que en la dosis más alta (20 kg de Temik® por ha) no se encontró ningún brote con ninfas desde julio 2012 hasta abril 2013. En los tratamientos de 10.0 y 15.0 kg/ha fueron registrados, promedios inferiores a 1.0 brote con ninfas/árbol, excepto en la fecha 26 de agosto donde se registró un promedio de 1.8 en ambas dosis. En el testigo fue registrada una media de 3.0 brotes con ninfas/árbol. La infestación más alta (>5.0 brotes con ninfas/árbol) se presentó en el tratamiento de 5.0 kg/ha. Esto significa una infestación de 66.7% más alta que en el testigo. Probablemente, esta diferencia se debe a que las dosis subletales de Temik® pudieron haber eliminado a los enemigos naturales del psílido, como Tamarixia spp y Chrysopa spp.

.

A B

Figura 1. Localización del experimento de Temik 15G®, huerta comercial de naranja en el Valle de Santo Domingo, Baja California Sur. A, ubicación del Valle de Santo Domingo dentro de la península y B, ubicación del experimento dentro del Valle de Santo Domingo.

Las flechas indican las aplicaciones de insecticida como parte del Programa Nacional de Sanidad Vegetal contra el HLB en 2012. La primera (Engeo®) fue realizada después del muestreo del 8 septiembre y la segunda (Dimetoato®). Después de la aplicación de Engeo®, realizada después del muestreo del 8 de septiembre, se observó una reducción hasta 0.0 brotes con ninfas/árbol. La segunda aplicación (Dimetoato®), realizada después del muestreo del 27 de octubre, al igual que la de Engeo®, causó una disminución a 0.0 brotes con ninfas/arbol.

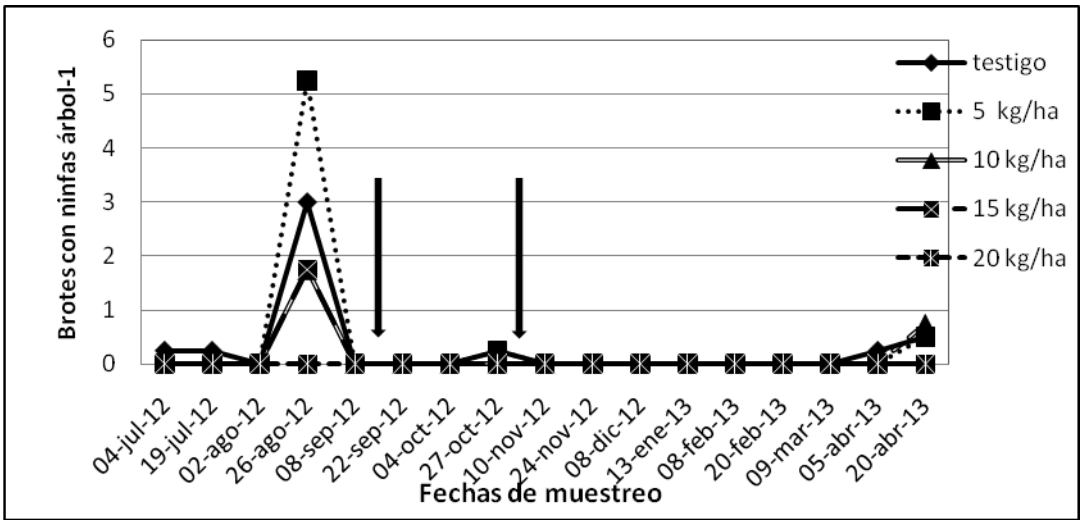


Figura 2. Brotes infestados con ninfas de psílido, en relación a las dosis aplicadas, de julio 2012 a abril 2013. ⬇: Aplicación de insecticida.

La Figura 3, muestra la cantidad de adultos/árbol encontrados en relación a las dosis aplicadas. En la dosis más alta (20 kg/ha) los promedios registrados fueron de 0.0 adultos/árbol excepto en dos fechas (5 y 20 de abril) donde los promedios fueron de 0.5 adultos/árbol. En segundo lugar de efectividad quedo la dosis de 10 kg/ha, ya que el registro más alto (1.0 adulto/árbol) ocurrió solo en una fecha (26 de agosto). Este valor equivale al umbral económico establecido para el manejo del PAC en las huertas de esta área citrícola. Los tratamientos de menor efectividad fueron 15.0 kg/ha con un promedio >2.5 adultos/árbol y la dosis de 5.0 kg/ha con un promedio de 1.8 adultos/árbol. El testigo registró un promedio tres veces mayor que la dosis de 10.0 kg/ha.

Las flechas indican la aplicación de insecticida como parte del programa Nacional de Sanidad Vegetal contra el HLB en 2012. La primera (Engeo®) fue realizada después del muestreo del 8 septiembre y la segunda (Dimetoato®) después del muestreo del 27 de octubre. Aparentemente, ambas aplicaciones afectaron las poblaciones del psílido en todos los tratamientos incluyendo el testigo.

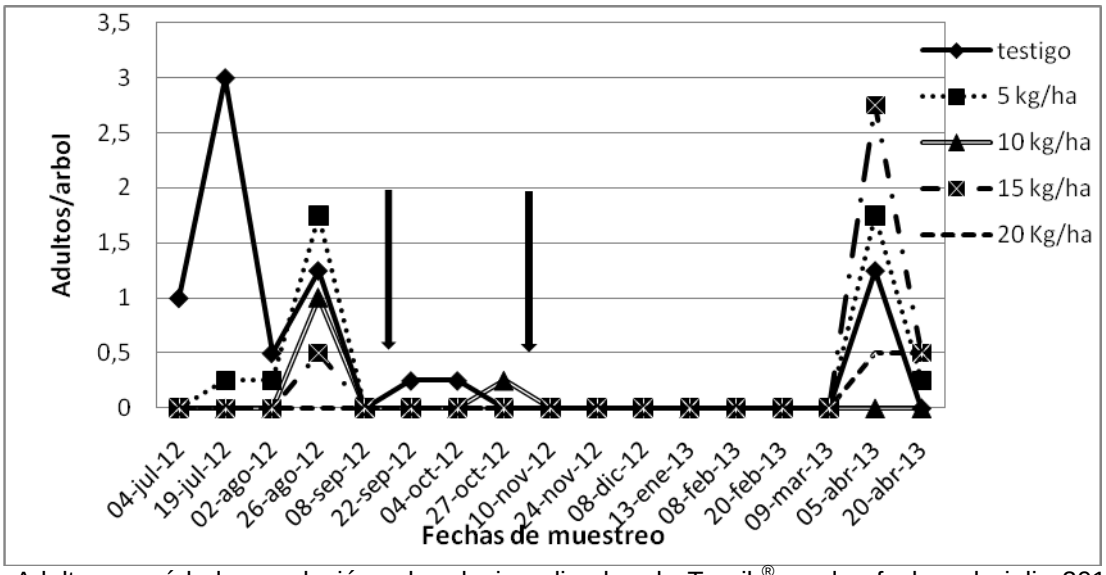


Figura 3. Adultos por árbol, en relación a las dosis aplicadas de Temik®, en las fechas de julio 2012 a abril 2013.
⬇: Aplicación de insecticida.

La Figura 4 presenta la relación entre las capturas y los puntos cardinales. Se muestra que el 26 de agosto el Norte obtuvo mayor número de brotes infestados fue el registro más alto con 0.8 brotes con ninfas/árbol. En segundo lugar, el Oeste sobresalió el 4 de julio y 20 de abril con un promedio de 0.5 y 2.5 brotes con ninfa/árbol, respectivamente. El Este se ubicó en tercer lugar sobresaliendo solo el 27 de octubre y empatado con el norte obtuvieron para esa fecha un promedio < 0.1. El Sur fue el punto cardinal con menos presencia de brotes con ninfas/árbol.

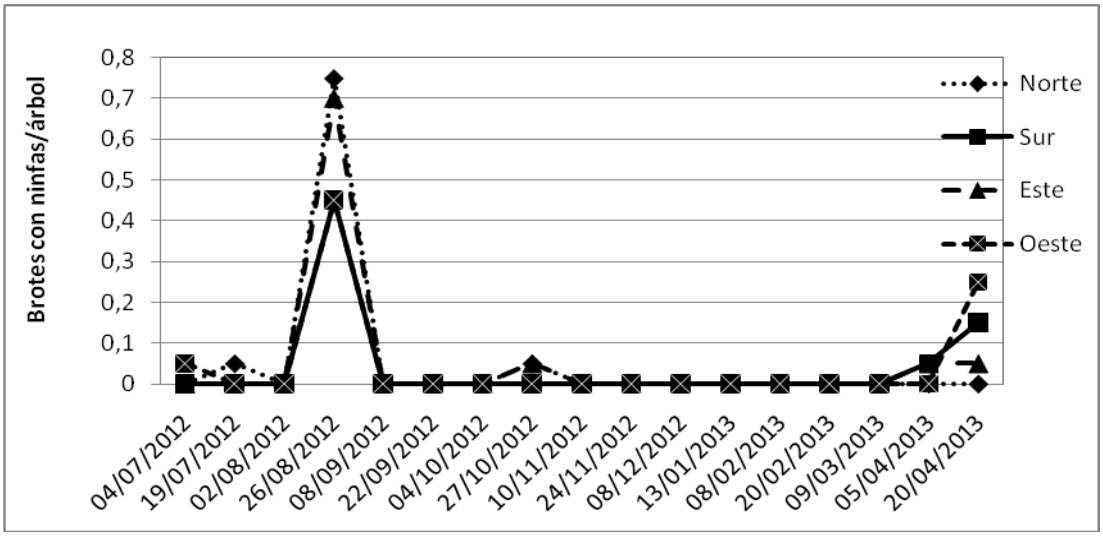


Figura 4. Brotes infestados con ninfas de psílido, en relación a los cuatro puntos cardinales, de julio 2012 a abril 2013.

Fechas de muestreo

La Figura 5 presenta la relación entre la cantidad de adultos/árbol en los puntos cardinales. Los índices más altos correspondieron al Norte, ya que en dos de los tres picos de mayor infestación estuvo en primer lugar, con promedios de 0.4 y 0.5 adultos/árbol, el 26 de agosto y 5 de abril, respectivamente. No obstante, la diferencia entre las capturas del Norte y las capturas del Sur, que fue donde se registraron los índices inferiores no parece ser relevante (0.3 adultos/árbol el 5 de abril). Además, las incidencias máximas fueron registradas en diferentes puntos cardinales, lo cual indica que el muestreo más representativo debería incluir los cuatro puntos cardinales del árbol.

Conclusiones

Los promedios de brotes, en general, fueron bajos (<1.0 brotes con ninfas/árbol), excepto el 26 de agosto donde se registraron promedios superiores a 1.5. En contraste, los promedios de adultos/árbol rebasaron le umbral económico (1.0 adultos/árbol) en tres fechas durante los 10 meces de muestreo. La dosis más efectiva fue 20.0 kg/ha la cual mantuvo el promedio de brotes con ninfas/árbol en 0.0 y la infestación de adultos por debajo del umbral económico (1.0 adultos/árbol) durante los 10 meces que duro este experimento. La dosis menos efectiva fue 5.0 kg/ha donde fueron registrados una media de hasta 5.0 brotes con ninfas/árbol y 1.8 adultos/árbol. Estos niveles superan el Umbral económico establecido para esta zona citrícola. El Norte fue el punto cardinal con mayor incidencia tanto de brotes con ninfas/árbol como adultos/árbol, con un promedio 0.7 y 0.5, respectivamente. Al considerar que los valores máximos de brotes con ninfas/árbol y adultos/árbol se presentaron en los diferentes puntos cardinales, el mejor método de muestreo es revisar los cuatro costados del árbol.

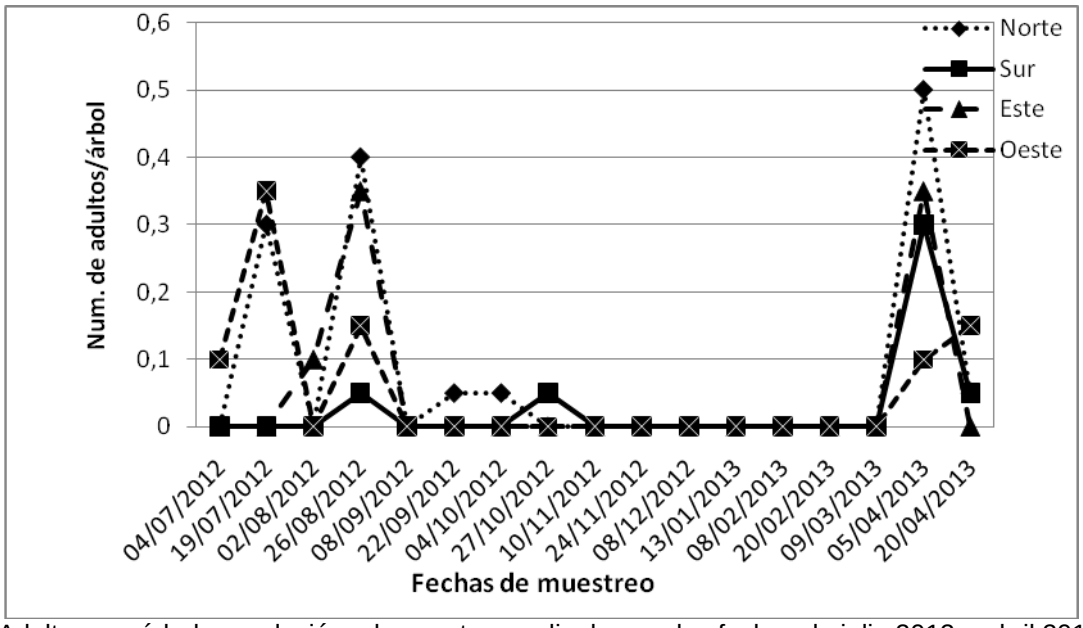


Figura 5. Adultos por árbol, en relación a los puntos cardinales, en las fechas de julio 2012 a abril 2013.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Fundación Produce Baja California Sur, A.C. el financiamiento para la ejecución de este proyecto.

Bibliografía

Blakeley, L., R. Weldon and G. Fairchild. 2003. Economic Analysis of Temik® on Citrus in the Indian River Area in Southeastern Florida. International agricultural trade and policy center. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences. 1-12 pp.

Browning, H. W., C. C. Childers, P. A. Stansly and J. Peña. 2005. Soft-Bodied Insects Attacking Foliage and Fruit. In 2005 Florida Pest Management Guide. [available at http://edis.ifas.ufl.edu/CG004].

Croxton, S. D., P. A. Stansly and T. L. Stansly. 2010. Timing of Temik and Movento applications for control of asian citrus psyllid (ACP) *Diaphorina citri*, 2010. Arthropod Management Tests 2012. 37: 1-1.

Hall, D. G. 2008. Biology, history and world status of Diaphorina citri. USDA-ARS, U.S. Horticultural Research Laboratory. Curso de capacitación. Hermosillo, Sonora, México. 1-11 pp.

SAGARPA, 2012. Anuario estadístico de la producción agrícola. http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

Sandoval-Rincón, J. A., S. A. Curti-Díaz, U. A. Díaz-Zorrilla, V. M. Medina-Urrutia y M. M. Robles-González. 2010. Alternativas para el manejo del psílido asiático de los cítricos (*Diaphorina citri* kuwayama). VI Simposio internacional citrícola. Veracruz, Veracruz. 1-20 pp.

Stansly, P. A. and R. E. Rouse (1994) Pest and yield responses of citrus to aldicarb in a flatwoods grove.. Proc. Fla. State hort. Soc. 107: 69-72.

Villanueva-Jiménez, J. A., H. Cabrera-Mireles, F. D. Murillo-Cuevas, L. Aguilar-Román, R. José-Pablo y A. L. Montero-Morales. 2011. Insecticidas para el control de *Diaphorina citri* kuwayama (hemiptera: psyllidae) en limón persa en la región central de veracruz. 2° Simposio Nacional sobre investigación para el manejo del Psílido Asiático de los Cítricos y el Huanglongbing en México – 2011. pp: 1-6.

HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN GLEYSOL PETROLIZADO TRATADO CON PERÓXIDO DE HIDRÓGENO Y FITORREMEDIACIÓN

Rivera Cruz, M.C.[1]; De La Cruz López A[2]; Trujillo Narcía, A.[2]

[1]**Colegio de Postgraduados, Campus-Tabasco. H. Cárdenas,Tabasco. México.**
[2]**Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco. México.**

*Autor responsable: mariari@colpos.mx; Calle Periférico Carlos A. Molina S/N Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km.3. H. Cárdenas, Tabasco. México. CP. 86500; Tel. 01(937)-3722386.

Resumen

Este trabajo consistió en evaluar las estructuras fúngicas de los hongos micorrízico arbusculares (HMA) en Gleysol con petróleo fresco (PF) e intemperizado (PI), pretratado con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y fitorremediado con *Echinochloa polystachya,* que permita indicar el estado ecológico de la raíz después de la restauración de suelos petrolizados. Se estableció un experimento en invernadero por cuatro meses e integrado con 19 tratamientos; un testigo absoluto (3454 HTP biogénico), nueve con PF y nueve con PI ambos combinados con 20 y 30% de H_2O_2. Las dosis de PF fueron; 25000, 50000 y 90000, las de PI; 34405, 54195 y 92324 mg kg^{-1} HTP. Todas las unidades experimentales se plantaron con *Echinochloa polystachya* a los dos días después de aplicado al suelo H_2O_2. Los parámetros evaluados fueron; colonización con hifas, arbúsculos, vesículas, esporas intraradicales y esporas en suelo. Los resultados indican que el HMA en asociación con *Echinochloa polystachya* es capaz de establecerse y desarrollar el estadio de hifas y esporas en Gleysol que contienen hasta 90000 PF y 92324 $mgkg^{-1}$ PI y pretratados con H_2O_2, pero con dificultad para formar vesículas y esporas intraradicales. El HMA logra establecerse y desarrollar sus estructuras en mayor cantidad en suelos con PI respecto a suelos con PF. La presencia de este simbionte indica que la ecología de la raíz de E. *polystachya* puede funcionar en condiciones de perturbación antrógena industrial y ser promisorios de la descontaminación de estos suelos.

Palabras clave: Ecología de raiz; *Echinochloa polystachya;* hongo simbiótico

Introducción

El uso de tratamientos químicos y biológicos para descontaminar suelos con hidrocarburos del petróleo es usado en zonas petroleras del mundo. El peróxido de hidrógeno (H_2O_2), modifica la movilidad de algunos metales y aumentar la actividad microbiana, se requiere aproximadamente dos kilogramos de peróxido para generar un kg de oxígeno para biodegradar un kg de hidrocarburo (Riser-Roberts, 1998). El H_2O_2 es soluble en agua y puede proveer mas oxígeno al sitio especifico de aplicación, las enzimas que descompone la reacción a oxígeno y agua son la glucosa -1-oxidasa (Riser-Roberts, 1998), y el NADH y/o glutathione, durante la reacción genera radicales libres (hidroxilo OH) vía catálisis (Mattos *et al.,* 2003). El H_2O_2 además de oxidar hidrocarburos, ejerce su actividad antimicrobiana al oxidar los componentes celulares de los microbios que se localizan sobre sustratos, principalmente al 3% de concentración presenta acción esporicida e inhibe el crecimiento de bacterias aérobicas y anaeróbicas facultativas (Tortora *et al*,. 2007) y Cardona e Iturbe (2003), indican que a los ocho días después de aplicado el H_2O_2 a suelo con diesel, las UFC g^{-1} de bacterias son estimuladas.

La fitorremediación de suelos posterior al tratamiento químico pueden favorecer el establecimiento la rizósfera de bacterias y hongos que degraden, mineralicen y/o estabilicen los contaminantes orgánicos e inorgánicos (Robertson *et al*., 2007) residuales. Es en la rizósfera en

donde se acumulan compuestos orgánicos (aminoácidos, ácidos, vitaminas, azucares y taninos etc) exudados por la raíz, ricos en carbono y minerales que son utilizados como fuente de energía por la microflora (Monoharachary y Mukerji, 2006). En los pastos tropicales se ha encontrado poblaciones microbianas y procesos de descontaminación de una manera positiva, debido a que producen una densa red de raicillas que llegan hasta 2.7 m de profundidad en el suelo, por lo que la rizósfera tiene una amplia cobertura y contacto con los hidrocarburos del petróleo.

Los hongos micorrízicos arbúsculares (HMA) forma estructuras intra e intercelular en el tejido cortical de la raíz por medio de hifas y la formación de estructuras llamadas arbúsculos y vesículas, han demostrado potencial para establecerse en raíz de plantas tropicales y suelo de ambientes perturbados, su principal función es la extracción, traslocación y solubilización de macronutrientes (nitrógeno y fósforo) en suelo y los dispone para la planta (Marschner y Timone, 2006). Los HMA son biótrofos obligados se asocian con el 85% de plantas que comprenden desde Briofitas, Pteridofitas, Gimnospermas hasta Angiospermas (Alarcón *et al*., 2007).

En el sureste de la república mexicana los suelos petrolizados son recuperados con el uso de solventes químicos como agua caliente, detergentes y peróxido de hidrógeno, para posteriormente plantar gramíneas, sin embargo se desconoce si los HMA logran establecerse después de este proceso. El objetivo de este estudio fue evaluar las estructuras fúngicas del HMA en *Echinochloa polystachya* plantado en Gleysol con petróleo fresco e intemperizado, y pretratado con H_2O_2, que permita proponerlo como precursor de la recuperación de estos suelos.

Materiales y Métodos

Para este experimento se uso H_2O_2 industrial al 50% de pureza, marca Mardupal S.A de C.V., el pasto E*chinochloa polystachya* fue colectado en un humedal del Trópico Húmedo del estado de Tabasco. Un petróleo fresco (PF) mediano crudo recién extraído del pozo y depositado en la batería cinco del campo petrolero Cinco Presidentes y un petróleo intemperizado (PI) que ha estado por más de 20 años adherido a un Gleysol de un humedal del estado de Tabasco, México.

El experimento fue completamente al azar con 19 tratamientos; un testigo absoluto con 3454 HTP biogénico, nueve con PF y nueve con PI ambos combinados con 20 y 30% de H_2O_2. Las dosis de PF fueron (25000, 50000 y 90000), las de PI (34405, 54195 y 92324 mg kg^{-1} HTP). Todas las unidades experimentales se plantaron con *Echinochloa polystachya* a los dos días después de aplicado al suelo H_2O_2. A los cuatro meses después de establecido el experimento se evaluó el porcentaje de colonización de la micorriza arbúscular (hifas, arbúsculos, vesículas y esporas) (Sieverding, 1983 $_{modificado}$) y esporas en 100 g de suelo (Álvarez-Sánchez y Monroy, 2008). Se realizó el ANDEVA de las medias (Tukey $p \leq 0.05$) de seis repeticiones (SAS, 2005).

Resultados y Discusión

El porcentaje de vesículas, esporas la colonización total en la raíz de *Echinocloa polystachya* fue significativa por efecto de dosis de petróleo, pero el efecto del H_2O_2 solo fue significativo en el número de esporas en suelo. Sin embargo el efecto significativo de la combinación (P)(PXI) fue observado en el porcentaje de hifas, arbúsculos, esporas intraradicales, colonización total de *Echinochloa polystachya* y esporas en el suelo (Cuadro 1).

La distribución del HMA en suelo y raíz de *Echinochloa polystachya* fue observado en los 19 tratamientos (Cuadro 2), con diferencias estadísticas significativas (Tukey ≤0.05) por efecto de dosis de petróleo y H_2O_2. En los 19 tratamientos (T) las redes de hifas intraradicales fueron observadas en el interior de las raíces, la mayor cantidad fue en ocho tratamiento integrado con PI (T:11,12,13,14,15,16,17,19) estadísticamente similar al suelo testigo. Estas ramificaciones de hifas presentes en suelo petrolizados y tratados con H_2O_2 contribuyen en la atenuación de la nutrición del pasto, debido a que participan en la absorción de nutrimentos como fósforo y nitrógeno para suministrarlo a la planta (Begón *et al*., 1999).

Los arbúsculos fueron observados en 11 tratamientos de 19, la mayor cantidad (7.33 y 5%) fue en suelo con 92324 y 30408 mg kg^{-1} de HTP derivado de PI. Esto demuestra que el HMA en su estadio arbúscular es capaz de desarrollarse y contribuir en la transferencia de nutrimentos (carbono y fósforo) para la planta (De La Rosa, 2009). Las vesículas al igual que los arbúsculos están presenten en 10 tratamientos de 19, el mayor porcentaje (16.67%) se localizó en suelo con 30408 mg kg^{-1} de PI. Su formación es inhibida por dosis en el suelo de 50000 y 90000 de PF y 92 324 de PI. Esto indica que el hongo en estas condiciones de contaminación se le dificulta formar estructuras de reserva de carbono. Las esporas en el interior de la raíz están presentes en 15 tratamientos de 19. La mayor cantidad (16.17%) se localizó en el tratamiento testigo, y en segundo lugar (13.83%) en suelo con 30408 mg kg^{-1} de PI. Son bajas las cantidades en suelo de los tratamientos con 90000 y 92324 mg kg^{-1} de HTP. Esto indica que contenidos altos de PF y PI induce dificultad de formar estructuras de propagación en el interior de la raíz.

Las esporas en suelo estuvieron presenten en los 19 tratamientos. Mostro mayor capacidad de esporulación (102.33 y 111.33 g/suelo) en suelo con 54195 y 92324 mg kg^{-1} PI respectivamente, esto indica que las especies de HMA han logrado adaptarse a través del tiempo a los hidrocarburos recalcitrantes que caracterizan a este tipo de petróleo.

Los porcentajes de colonización (hifas, vesículas y esporas internas) en raíz de *Echinochloa polystachya* disminuyeron conforme la dosis de petróleo aumenta en el suelo, pero las esporas en suelo no fueron afectadas. El H_2O_2 conforme aumenta la dosis usada para remover hidrocarburos del PF y PI solo se afectan los porcentajes de hifas y esporas en suelo. El PF afecto el porcentaje de colonización de la HMA, pero el PI favoreció el desarrollo de las estructuras fúngicas (Cuadro 3). Esto posiblemente se debe a que los HMA han logrado utilizar directamente o por cometabolismo a los hidrocarburos presente en el PI, que según OMI, (2005); Fernández *et al*., (2006) es una mezcla recalcitrante saturados de cadena larga, compuestos cíclicos, policíclicos, asfáltenos y resinas que se encuentran en las fracciones pesadas, compuestos principalmente sólidos de elevado peso molecular y difícil degradación.

El efecto negativo en los organismos vivos del PF recién incorporado a los suelos ha sido reportado por Freedman, (1995), e indica que disminuye la densidad de organismos vivos, al entrar en contacto directo con hongos, bacterias y plantas originando quemaduras en la masa celular, esto es por el potencial toxico de los hidrocarburos fracción gaseosa, liquida y sólida (Pothuluri y Cerniglia, 1994).

Cuadro 1. Dos factores (ANOVA) dosis de petróleo fresco e intemperizado y dosis de peróxido para los parámetros estudiados a los cuatro meses después de plantado *Echinochloa polystachya*.

	Dosis (P)	Peróxido (PXI)	(P)(PXI)
Hifras (%)	0.033	0.109	<0.001
Arbúsculos (%)	0.453	0.363	<0.001
Vesículas (%)	<0.001	0.178	<0.299
Esporas (%)	<0.001	0.148	<0.001
Col. Total (%)	<0.001	0.308	<0.001
Esporas (100g suelo)	0.448	<0.001	<0.001

Cuadro 2. Estructuras fúngicas del HMA en *Echinochloa polystachya* posterior al tratamiento químico y fitorremediación de petróleo fresco e intemperizado.

T	Petróleo /H_2O_2 mgkg^{-1})/(%)	Colonización (%) Hifas	Arbúsculo	Vesículas	Esporas	Total	Esporas (100g suelo)
1	3224 (Testigo)	25.11a†	1.33bc	12.17ab	16.17a	13.70ab	59cd
	Fresco						
2	25000	9.67de	0.17c	0.50b	1.67	3efg	51de
3	25000+20	12.17bcd	0.83c	9.30ab	6.17bcd	7.11bcde	27f
4	25000+30	11.17cde	0.50c	2.33c	2.67cd	3.83def	57d
5	50000	7.83de	1.17bc	0.67cd	1.17d	2.70efg	28.33f
6	50000+20	12.83bcd	0.00d	0.00d	0.33d	0.83f	42.33ef
7	50000+30	11.83bcd	0.00d	0.00d	2.00cd	3.54def	28g
8	90000	4.50e	0.00d	0.00d	1.33d	1.54fg	26.33f
9	90000+20	4.83e	0.00d	0.00d	0.00d	1.20f	35.33fg
10	90000+30	11cde	0.00d	0.00d	0.00d	3.20efg	39.67f
	Intemperizado						
11	30408	29.83a	5.00a	16.67a	13.83ab	16.33a	68.67b
12	30408+20	27.83a	0.83c	10.17ab	12.67abc	12.87ab	60.bcd
13	30408+30	19.50ab	2.33b	3.67b	5.178abc	7.66bcde	68.33bc
14	54195	28.17a	3.33b	11.67ab	4.33bcd	9.37bcd	102.33a
15	54195+20	24.50a	2.50b	8.33ab	10.33abcd	11.41abc	43.33ef
16	54195+30	23.17ab	2.17b	8.17ab	10.50abcd	11.0abc	42ef
17	92000	27.00a	7.33a	0.00d	0.17d	8.62bcd	111.33a
18	92324+20	11.67bcd	0.00d	0.00d	0.00d	2.91efg	43ef
19	92324+30	21.67ab	0.00d	0.00d	0.00d	5.41bcd	43.67ef

†: Letras diferentes por columnas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey ≤0.05). n=6. T: Tratamiento.

Cuadro 3.Efecto de dosis de petróleo, H_2O_2 y tipo de petróleo en la colonización micorrízica de *Echinochloa polystachya* posterior al tratamiento químico y fitorremediación de petróleo fresco e intemperizado.

Factor	Colonización (%) Hifas	Arbúsculos	Vesículas	Esporas (internas)	Esporas (100 g/suelo)
Dosis petróleo (mg kg^{-1})					
30408	25.17a	1.13a	12.17a	16.17a	59.00a
25000-30408	18.36b	1.61a	8.86ab	7.03b	55.33a
50000-54195	16.39b	1.53a	3.53bc	4.78b	49.33a
90000-92324	14.44b	2.86a	0c	4.78c	47.72a
H_2O_2 (%)					
0	18.88a	2.67a	6.39a	5.52a	63.86a
1	13.97b	1.53a	6.39a	4.92a	41.83b
2	16.39ab	1.58a	2.75a	3.39a	46.44b
Tipo de petróleo					
Fresco	10.10b	0.43b	3.78b	3.15a	39.4b
Intemperizado	23.7a	3.67a	5.41a	6.33a	64.74a

†: Letras diferentes por columnas en cada factor indican diferencias estadísticas significativas (Tukey ≤0.05). n=6.

Conclusiones

El HMA en asociación con *Echinochloa polystachya* es capaz de establecerse y desarrollar el estadio de hifas y esporas en Gleysol que contienen hasta 90000 PF y 92324 $mgkg^{-1}$ PI y pretratados con H_2O_2, pero con dificultad para formar vesículas y esporas intraradicales. El HMA logra establecerse y desarrollar sus estructuras en mayor cantidad en suelos con PI respecto a suelos con PF. Las especies de HMA en Gleysol con PI pueden ser promisorias de la descontaminación de estos suelos. Se recomienda hacer estudios secuenciales en el tiempo del desarrollo de las estructura fúngica y relacionarlas con la remoción de hidrocarburos del petróleo.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento al apoyo a investigación de profesores investigadores 2012-2013 (Clave: 40018).

Bibliografía

Alarcón, A., M.C.A. González-Chávez y R. Ferrera-Cerrato. 2007. Aspectos ecológicos y aplicación de hongos micorrízicos arbusculares en agroecosistemas. En: Fuentes-Dávila., G. y R. Ferrera-Cerrato (Eds). Ecología de la raíz. Sociedad Mexicana de Fitopalogía,A.C. México D.F. 153 pp.

Álvarez- Sánchez J y A.A. Monroy. 2008. Técnicas de Estudio de las Asociaciones Micorrízicas y sus Implicaciones en la Restauración. Ed.@Ciencias.unam.mx. México. D.F. 232 pp.

Begón,M.,C.R.Townsed y J.L. Harper. 1999. EcologÍa Individuos, Poblaciones y Comunidades. Barcelona. España. 1148 pp.

Cardona, S y R. Iturbe. 2003. Biodegradación de diesel mexicano por un consorcio de bacterias de un suelo agrícola. DYNA. 70:13-26.

De la Rosa-Mera C.J. 2009. Micorriza Arbúscular y Estrés Abiótico en el Contenido de Alcaloides (Vinblastina y Vincristina) de *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. Colegio de Postgraduados. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. México D.F. 117 pp.

Fernández, C., M. Silva, J. C. Pereira, A. Mallia, M. J. Llobregat and V. Atomare. 2006. Biodegradabilidad de las fracciones de resinas y asfáltenos por *Pseudomonas* en suelo impactado con petróleo crudo mediano. Ingeniería Universidad de Carabobo 13: 7-13.

Freedman., B. 1995. Environmental Ecology. The ecological effects of pollution, disturbance,and stresses. 2ª ed. Academic Press. San Diego, CA, EEUU. 606 pp.

Mattos, I.L., K.A Shiraishi., A.D. Braz y R.J. Fernández. 2003. Peróxido de hidrógeno: Importância e determinacao. Rev. Quimi. Nova. 26: 373-380.

Marschner, P and S. Simonen. 2006. Bacterial community composition and activity in rhizosphere of roots colonizad by arbuscular micorrhizal fungi. 139-154. En: Mukererji K.G. Manoharachary C y Sing J (Eds). Microbial Activity in the rhizosphere. Springer Berlin Heidelberg New York. 349 pp.

Manoharachary, C and G.K. Mukerji. 2006. Rhizosphere biology-an overview. En Mukerji GK, Manoharachary C, Singh J (Eds.) *Microbial Activity in the Rhizosphere*. Springer, Berlín, Alemania. pp. 1-15.

OMI, (Organización Marítima Internacional). 2005. Manual Sobre la Contaminación Ocasionada por los Hidrocarburos: parte IV, Lucha Contra los Derrames de Hidrocarburos. Northampton, Reino Unido. 226 pp.

Pothuluri., V.J and C.E. Cerniglia. 1994. Microbial metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons. En: Chaudry RG (Ed.) *Biological Degradation and Bioremediation of Toxic Chemicals.* Dioscorides. Portland, OR, EEUU. pp. 92-123.

Sieverding., E. 1983. Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesículo-arbusculares en el laboratorio. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Proyecto micorriza. Apartado Aéreo 6713, Calí, Colombia. 121pp.

Riser-Roberts E. 1998. Remediation of Petroleum Contaminated Soils. Biological, Physical, and Chemical Processes. Lewis publishers. Boca Raton Boston New York Washington D.C. 542 pp.

Robertson, S. J., W. B. McGill, H. B. Massicotte and P. M. Rutherford. 2007. Petroleum hydrocarbon contamination in boreal forest soils: a mycorrhizal ecosystems perspective. Biological Reviews 82: 213-240.

Tortora, J.G., B.R. Funke y L.Ch. Case. 2007. Introducción a la Microbiología. Panamericana. Buenos Airea. Argentina. 959 pp.

SAS (Statistical Analysis System). (2005). *User's Guide, Version 9.1.3*. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 664 pp.

REHABILITACIÓN DE SUELOS AFECTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS CON BIOFERTILIZANTES Y MEJORADORES EN SIERRA MOJADA, COAHUILA

Mendoza Villarreal, R.[1*]; Capó Arteaga, M.A.; López Cervantes, R.[1]; Hernández Hernandez, G.[2] ; Hurtado Lozano, J.[4]

[1]Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo,Coahuila.México.
[2]Minera del Norte S.A. de C.V. Sierra Mojada, Coahuila, México.
* rosalindamendoza@hotmail.com

Resumen

La industria minera tiene alto impacto en el ambiente ya que después de la extracción del mineral se crean zonas de escasa vegetación por lo que es necesario su reforestación. Una alternativa es utilizar fertilizantes orgánicos para que suministren los nutrientes sin contaminar el ambiente. En el experimento se aplicaron micorrizas (suelo de bosque), ácidos húmicos al 2 % (mejoradores) y *Azospirillum sp* (10^9 UFC ml^{-1}). Los tratamientos se distribuyeron en bloques con especies nativas de la región que crecieron en el vivero de la mina Hércules, utilizando plantas de palma, granjeno, huizache, mezquite, y mimbre. En la primera evaluación las plantas de huizache se favorecieron con la aplicación de ácidos húmicos en relación al testigo. En la segunda evaluación con *Azospirillum sp* se incrementó el 111.11 % en diámetro y con micorrizas un 89.61%; la altura de planta aumentó el 81.54% y 65.36% con los mismos tratamientos comparados con el testigo en plantas de mimbre. En la tercera evaluación el diámetro se incrementó en 148.77% con *Azospirillum* sp, con micorriza 92.78% y con micorriza, *Azospirillum* sp y ácidos húmicos en palma el 86.14% y en altura de planta en el mimbre con *Azospirillum* sp se incrementó en 47.86% y con micorrizas 38.76%. Se concluye que con la aplicación al mimbre con *Azospirillum* sp a concentración de 10^9 UFC ml^{-1} se promueve el crecimiento y vigor, aunque las micorrizas, y *Azospirillum* sp favorecen el diámetro y altura de planta aunque en menor proporción en plantas de palma.

Palabras clave: Rehabilitación; micorrizas; *Azospirillum*

Introducción

La industria minera tiene un alto impacto en virtud de que afecta el ambiente desde el suelo hasta el agua, por lo que los materiales que ya no son utilizados después de la extracción con mineral, crean zonas con escasa vegetación, por lo que es necesaria su rehabilitación, sobre todo con especies nativas. Sin embargo los suelos disturbados no contienen los nutrientes necesarios para su adaptación por lo que se debe cambiar el contenido de materia orgánica y el nivel de macronutientes, para lograr la proliferación de la vegetación.

Para el acondicionamiento de zonas con baja nutrición para las plantas se requieren de mejoradores cómo los ácidos húmicos y fúlvicos y biofertilizantes cómo micorrizas las cuáles se encuentran en la rizósfera de las plantas favorece la nutrición mineral, principalmente en cuatro aspectos: fisiología y desarrollo de la planta, crecimiento y morfología de raíces, procesos de absorción y disponibilidad de nutrimentos (Blanco y Salas, 1997; Medina y Azcón, 2010) cómo el fósforo.La mayoría de las plantas tienen micorrizas asociadas a ellas, aunque en muchas ocasiones las condiciones adversas son una característica generalizada en los suelos naturales y dedicados al cultivo. y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) como *Azospirillum* quién además capta nitrógeno (Dobbelaere *et al*., 2001). Su inoculación, es una práctica en la biotecnología del suelo debido a la capacidad que tiene esta bacteria de fijar nitrógeno, producir sideróforos y

fitohormonas reguladoras como: auxinas, citocininas y giberelinas, (Okon *et al*., 1988). Estas bacterias incrementan el desarrollo vegetal y promueven el rendimiento de cultivos en diferentes tipos de suelos y regiones edafoclimáticas, asociándose con la rizósfera, caulósfera y filósfera, (Okon y Labandera-González, 1994). la inoculación de las bacterias *Azospirillum halopraeferans* y *Bacillus amilolyquefasciens*, promueven la germinación de la semilla y desarrollo de plántula.

Es posible la utilización de bacterias benéficas como *A. halopraeferens B. amilolyquefasciens* en plantas halotolerantes con potencial para ser utilizadas en reforestación en áreas deforestadas, (Villegas-Espinoza, 2010). Por lo que *Azospirillum* sp., es un género con amplia distribución en diferentes suelos y especies vegetales, además ha sido reportada en especies forestales (Jiménez, 1996), en frutales (Okon y Itzigsohn, 1995) y gramíneas (Bashan y Holguín, 1997), lo que indica que no hay especificidad en la asociación y por consiguiente un aislamiento de BPCVs de una especie forestal puede ser inoculada en otra especie forestal (García *et al.,* 2003). por que colonizan la rizósfera (Lubeck *et al*., 2000) y regenerar la calidad del suelo. Por este motivo las rizobacterias han sido ampliamente difundidas como alternativa para reducir el uso de agroquímicos (fertilizante y biocidas) con la finalidad de disminuir costos y contaminación ambiental y preservar la salud humana. Las condiciones ambientales (suelo, clima, fertilización, etc.) y las características de los microorganismos nativos e introducidos son factores determinantes para la sobrevivencia y actividad en la rizósfera (Chotte *et al.,* 2002; Tsagou *et al.,* 2003).

Por otro lado existen mejoradores de suelos que contribuyen a incrementar la absorción de nutrientes, como los ácidos húmicos que son moléculas complejas orgánicas formadas por la descomposición de materia orgánica, así como de la actividad de síntesis de microorganismos (Schnitzer, 1978), constituyen del 70 al 80 % de la materia orgánica en la mayoría de los suelos (Schnitzer, 2000). Al mismo tiempo incrementan el rendimiento de la cosecha, por otro lado, la permeabilidad de las membranas, influyen en la fertilidad y estabilidad del suelo, estimulando los procesos bioquímicos en las plantas para establecer un buen desarrollo en el sistema radicular, y acumulación de materia orgánica aportada por la infiltración de agua, particularmente en los suelos arenosos. Además las sustancias húmicas con una adecuada nutrición mineral muestran efectos positivos sobre la biomasa y el crecimiento de las raíces (Chen y Aviad, 1985)

Materiales y Métodos

En la mina Hércules se analizó el suelo para conocer el nivel de fertilidad (N, P y K) además de la materia orgánica. el experimento se estableció a un lado de las oficinas administrativas en la mina Hércules con suelo de la región, en el mes de marzo del 2011, se aplicaron micorrizas (suelo de bosque), ácidos húmicos (mejoradores) y *Azospirillum* (biofertilizante) producidos en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Los tratamientos se distribuyeron en bloques con especies nativas de la región que crecieron en el vivero que se encuentra en la mina Hércules, utilizando 5 genotipos de plantas que incluyeron; palmas, granjeno, huizache, mezquite, y mimbre. Se midió la altura de planta desde la base del tallo hasta la hoja mas alta en centímetros y el grosor del tallo se midió en milimétros con un vernier. Se realizaron tres mediciones, la primera después del trasplante en el mes de abril, la segunda en agosto y la tercera en noviembre, para comparar el efecto sobre la altura y el vigor de las plantas, Los tratamientos establecidos se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos y concentración aplicada de biofertilizantes y mejoradores.

Tratamientos	Concentración
1. Micorriza	100 g de suelo de bosque con micorrizas
2. Micorriza + *Azospirillum sp*	100 g de suelo de bosque + 100mLde formulado líquido con 10^{9} UFC mL^{-1}
3.Micorriza + *Azospirillum sp* + ácidos húmicos al 2 %	100 g de suelo de bosque + 100 mL de formulado líquido + 100 mL de ácidos húmicos al 2 %
4. *Azospirillum* sp	100mL con 10^{9} UFC mL^{-1} después del trasplante
5. Acidos húmicos al 2 %	100 mL después del trasplante
6.Testigo	0 + 0 + 0

La micorriza se aplicó antes del trasplante; 50 g de suelo en el fondo del pozo y otros 50 g en la base de la planta después del trasplante, los ácidos húmicos en la superficie del suelo y el biofertilizante líquido en la base del tallo.

Resultados y Discusión

El análisis de suelo de la mina Hércules se analizó para conocer el nivel de fertilidad, encontrando que contiene un nivel medio de nitrógeno (N) y potasio (K) y pobre en fósforo (P), con un nivel medio de materia orgánica. Por otro lado al realizar el análisis estadístico para la diferencia entre altura de planta y grosor de tallo se encontró que al trasplante la palma y el Huizache tenían la mayor altura de planta y diámetro. En la primera evaluación solo las plantas de huizache se favorecieron en un 4% con la aplicación de ácidos húmicos en relación al testigo, al respecto las sustancias húmicas con una adecuada nutrición mineral muestran efectos positivos sobre la biomasa y el crecimiento de las raíces (Chen y Aviad, 1985). Sin embargo, en la segunda y tercera evaluación el material que ha tenido el mejor desarrollo en altura y diámetro es el **mimbre** (Cuadro 2) en la segunda evaluación el tratamiento con biofertilizante *Azospirillum* se incrementó 111.11 % en diámetro,

Por lo anterior,*Azospirillum* sp.es un género con amplia distribución en diferentes suelos y especies vegetales, además además en especies forestales (Jiménez, 1996), lo que indica que no hay especificidad en la asociación y por consiguiente un aislamiento de BPCV de una especie forestal puede ser inoculada en otra especie forestal (García *et al.,* 2003). por que colonizan la rizósfera (Lubeck *et al*., 2000) y regenerar la calidad del suelo y el tratamiento con micorrizas un 89.61% compardos con el testigo; para altura de planta en 81.54% y 65.36% con los mismos tratamientos las bacterias del género *Azospirillum* producen hormonas vegetales reguladoras del crecimiento como: auxinas, citocininas y giberelinas, (Okon *et al*., 1988), por qué incrementan el desarrollo vegetal.

En la tercera evaluación para diámetro con *Azospirillum* sp se obtuvo un incremento de 148.77%, con micorriza 92.78% y con los tres productos (micorriza, biofertilizante y ácidos húmicos) en palma el 86.14% y en altura de planta en el mimbre con *Azospirillum* sp se incrementó en 47.86% y con micorrizas 38.76%. Debido a qué las micorrizas se se encuentran **en** la rizósfera de las plantas favorecen la nutrición mineral, principalmente en cuatro aspectos: fisiología y desarrollo de la planta, crecimiento y morfología de raíces, procesos de absorción y disponibilidad de nutrimentos (Blanco y Salas, 1997; Medina y Azcón, 2010), por lo cuál el mimbre se le recomienda como la especie que reacciona favorablemente a la aplicación de *Azospirillum* sp (T4) a una concentración de 10^{9} UFC ml^{-1}, sin embargo el suelo de bosque también favorece el diámetro y altura de planta aunque en menor proporción en plantas de palma.

Conclusiones

El genotipo que alcanzó la mayor altura de planta fue el mimbre con la aplicación de biofertilizantes, aunque el mayor impacto se logró con *Azospirillum sp.* Las micorrizas, combinadas con *Azospirillum* sp favorecen el diámetro y altura de planta aunque en menor proporción en plantas de palma.

Cuadro 2. Prueba de comparación de medias de Tukey (p≤0.05) de diámetro de tallo y altura de planta en tres mediciones hechas en plantas de palma, huizache, mezquite, mimbre y granjeno tratadas con micorrizas de bosque, biofertilizantes y ácidos húmicos.

T	Genotipos	**Abril**				**Agosto**				**Noviembre**			
		Diámetro (mm)		**Altura (cm)**		**Diámetro (mm)**		**Altura (cm)**		**Diámetro (mm)**		**Altura (cm)**	
T1	**Palma**	6.78	C	18.38	ghi	8.54	def	18.41	hi	13.52	Abc	21.5	J
	Huizache	3.13	Kl	34	Ab	6.88	efg	60.47	cde	8.36	Efg	76.83	ghi
	Mesquite	4.68	Jkl	27.25	fgh	7.13	efg	38.75	ghi	7.43	Fg	57.33	hij
	Mimbre	5.75	fgh	23.5	ghi	13.14	Ab	99.63	ab	13.36	Bcd	140.5	ab
	Granjeno	3.88	Jkl	23.43	ghi	4.73	G	25.19	ghi	5.02	G	25.88	ij
T2	**Palma**	7.38	Ab	15.38	Hi	8.3	def	15.94	i	12.3	Def	25.31	ij
	Huizache	2.88	L	29.88	cde	6.43	efg	52.5	efg	9.3	Efg	78	fgh
	Mezquite	5	Ijk	30.3	cde	6.45	efg	35	ghi	8.23	Efg	41.09	hij
	Mimbre	6	efg	33.5	Ab	7.86	efg	52.58	efg	9.57	Efg	62.13	hij
	Granjeno	4.25	Jkl	22.13	ghi	5.93	efg	28.13	fghi	6.98	Fg	43.25	hij
T3	**Palma**	6.75	Cd	15	I	7.83	efg	13.75	i	12.88	Cde	19.25	J
	Huizache	3.25	Jkl	25.63	ghi	4.52	G	38.13	ghi	6.35	G	45.67	hij
	Mezquite	4.75	Jkl	32.03	abc	6	efg	39.88	ghi	8.68	Efg	46.59	hij
	Mimbre	5.63	ghi	23.08	ghi	7.55	efg	38.38	ghi	8.11	Efg	49.29	hij
	Granjeno	4.5	Jkl	15.93	ghi	5.05	Fg	23.98	ghi	6.18	G	26.83	hij
T4	**Palma**	5.75	fgh	14.38	I	7.25	efg	21.83	ghi	11.83	Def	56.67	hij
	Huizache	3	Kl	33.25	Ab	10.98	Bc	75.25	bc	14.4	Ab	117.25	abc
	Mezquite	5	Ijk	33.25	Ab	7.3	efg	40.5	fgh	8.87	Efg	57.25	hij
	Mimbre	6.43	De	28.13	def	14.63	A	109.38	a	17.24	A	149.71	a
	Granjeno	5.25	Hij	25.75	ghi	7.2	efg	40.5	fgh	9.5	Efg	47.5	hij
T5	**Palma**	7.63	Ab	16.38	ghi	8.67	cde	18.75	hi	13.02	Cde	22.5	J
	Huizache	4.63	Jkl	37.18	A	9.17	cde	61.67	cd	13.43	Bcd	102.67	bcd
	Mezquite	4.75	Jkl	32.5	abc	6.47	efg	30	ghi	8.68	Efg	32	hij
	Mimbre	6.25	Ef	31.55	bcd	9.92	bdc	76	bc	13.36	Bcd	93.88	def
	Granjeno	3.63	Jkl	23.38	ghi	4.8	G	27.44	ghi	8.3	Efg	41.33	hij
T6	**Palma**	7.75	a	14.38	i	8.8	cde	15	i	9.43	Efg	20	J
	Huizache	3	Kl	35.68	a	4.77	G	58.79	def	7.67	Efg	90.13	efg
	Mezquite	4.5	jkl	20.5	ghi	6.85	efg	48.88	fgh	6.98	Fg	50.17	hij
	Mimbre	5.68	fgh	27.5	efg	6.93	efg	60.25	cde	6.93	Fg	101.25	cde
	Granjeno	4	jkl	19.83	ghi	4.52	G	19.5	hi	4.58	G	20	J
	CV (%)	**14.55**		**17.24**		**17**		**26.51**		**20.33**		**32.04**	

Agradecimientos

A la empresa Minerales de Monclova S.A. de C.V. por el apoyo económico aportado para el proyecto de rehabilitación de Terreros y presas de jales con mejoradores de suelo y biofertilizantes.

Bibliografía

Blanco, F. y E. Salas. 1997. Micorrizas en la Agricultura: Contexto mundial e investigación realizada en Costa Rica. Agronomía Costarricense 21(1):55-67.

Chen, Y and T. Aviad. 1985. Effects of Humics Substances on Plant Growth. Soil Science. p (161-186). USA.

Chotte, J. Schwatzamann, A. Bally, R. and Monrozier, L. J. 2002. Changes in bacterial communities and *Azospirillum* diversity in soil fractions of a tropical soil under 3 or 19 years of natural fallow. Soil Biol. Biochem., 34, 1083-1092.

Dobbelaere S , A Croonenborghs, Thys D, Ptacek D, Labandera C , Caballero J , Aguirre J, Burdman S, Sang S, Okon J . 2001**.** Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. Aust. Journal Plant physiology. 28 (9):871-879.

García-Espino, G., J. R. Reynaga, J. G. Medina y R. Jasso. 1989. Características físicas y químicas de suelos de islas de fertilidad y áreas adyacentes de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en un matorral mediano espinoso en el norte de Coahuila. Agraria Rev. Científica UAAAN 5: 38-47.

Medina, A. y R. Azcón. 2010. Effectiveness of the application of arbuscular mycorrhizal fungi and organic amendments to improve soil quality and plant performance under stress conditions. j. soil sci. plant nutr. 10(3):354-372.

Okon, Y., E. Fallik, S. Sarig, E. Yahalomy S. Tal. 1988. Plant growth promoting effects of *Azospirillum.* pp. 741-746. *In:* Bothe, H, F. J. de Bruijn yW. E. Newton (eds.).Nitrogen fixation: hundred years after. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Germany.

Okon, Y. y C. A. Labandera-González. 1994. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years world wide field inoculation. Soil Biol. Biochem. 26: 1591-1601.

Okon, Y. and Itzigsohn, R. 1995. The development of *Azospirillum* as a commercial inoculant for improving crop yields. Biotechnology Advances. 13: 365-374.

Tsagou, V; I Kefalogianni; K Sini & G Aggelis. 2003. Metabolic activities in *Azospirillum lipoferum* grown in presence of NH_4^+. Appl. Microbiol. Biotechnol. 62:574 -578.

Villegas-Espinoza, J.A.; Rueda-Puente, E.O.; Murillo-Amador, B.; Puente, M.E.; Grimaldo-Juárez, O.; Avilés-Marín, S.M.; Ponce Medina, J.F. 2010.Efecto de la inoculación de *Azospirillum halopraeferens* Y *Bacillus amyloliquefaciens* en la germinación de *Prosopis chilensis.* Tropical and Subtropical Agroecosystems. Universidad Autónoma de Yucatán. 12 (1): 19-32.

Schnitzer, M.1978. Humic Substances: Chemistry and Reactions: in Soil Organic Matter(Ed.) Schnitzer y Khan. Soil Organic Matter.Elseveir, Amsterdam.

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.

CONSECUENCIAS DE LA SOBREEXPLOTACIÓN AGROPECUARIA ASOCIADAS A PROCESOS DE SALINIZACIÓN Y DESERTIFICACIÓN EN BAJA CALIFORNIA SUR, NOROESTE DE MEXICO

Troyo-Diéguez, E.[1*]; Cruz-Falcón, A.[1]; Álvarez-Morales, Y.[1]; Zamora-Salgado, S.[2]; Nieto-Garibay, A.[1]; Lucero-Vega, G.; Murillo-Amador, B.[1]

Resumen

Se analizan algunas de las consecuencias de la sobreexplotación agropecuaria debidas a los procesos de salinización y desertificación en Baja California Sur, noroeste de México y se discuten motivos para desarrollar tecnología dirigida al uso eficiente del agua y al control de la calidad del suelo; el primero es maximizar la productividad por volumen de agua utilizado incrementando las tasas de aprovechamiento unitario. El segundo es mejorar la tolerancia a la sequía y salinidad, sea mediante mecanismos de conservación del agua, como una baja conductividad estomática, a través del uso de cultivos de ciclo corto tolerantes a salinidad y sequía o adoptando especies de baja demanda hídrica. Las evidencias en el valle agrícola de Santo Domingo BCS donde se ha privilegiado la producción comercial sin importar los volúmenes de agua irrigados, indican un elevado riesgo de salinización y desertificación de suelos y acuíferos. En dicho valle, la CE alcanzó en el 2010 valores iguales o mayores a 3.5 dSm^{-1} en 8% de los pozos agrícolas y de 2.5 a 3.5 dSm^{-1} en 29% de los mismos. De continuar la tendencia del período 1970-2010, hacia el 2020 el 35% de los pozos manifestarán salinidades de 2.5 a 3.5 dSm^{-1} y para el 2030 un 40%. Se concluye que la adopción de tecnologías adecuadas con cultivos apropiados es una opción viable para el mejoramiento de agroecosistemas en zonas áridas. Se reitera que una agricultura de alta tecnología puede poner en riesgo la calidad del ambiente y que la problemática actual relacionada con el agua puede agravarse en el futuro inmediato.

Palabras clave: Déficit hídrico; salinización; desertificación; Baja California Sur

Introducción

Uno de los eventos agrícolas más significativos fue la denominada *Revolución Verde*, mundialmente reconocida por la liberación de nuevas variedades con mayor potencial de rendimiento. Entre los cultivos sujetos a una alta intensidad de investigación figuran el trigo y el arroz. Las nuevas variedades de dichos cereales se caracterizaron, entre otros aspectos, por dos cambios fundamentales: (i) Un drástico acortamiento de los tallos para reducir el esfuerzo de carga de los mismos e incrementar la relación grano/paja, y (ii) un marcado incremento en la adaptabilidad a la latitud, elevación, y otros factores ambientales (Jennings, 1974). Es claro que las nuevas variedades se desarrollaron bajo condiciones mejoradas; la semilla por sí sola producía pocos cambios (Dunstone y cols., 1973). En realidad, una interacción compleja entre diversos factores, como la densidad de siembra, control del agua, eliminación de malezas, niveles adecuados de fertilización, óptimas fechas de siembra, y otros más, fue desarrollada y aplicada al esquema de las nuevas variedades. La combinación de nuevas semillas con el mejoramiento de las prácticas agrícolas fue necesaria para alcanzar los significativos incrementos en el rendimiento de campo (Crosson y Anderson, 2002). Tal fórmula consistente en el "paquete" de *variedades + ambiente agrícola mejorado* contenía sólo una fracción de la riqueza genética para un cambio sostenible, y estaba dirigida exclusivamente a la producción de grano. La extensión de la tecnología desarrollada por sí sola no pudo estimular aumentos automáticos en la producción, especialmente en el sector agrícola marginal representado por campesinos practicantes de una agricultura de subsistencia.

Ahora se reconoce que el esquema para un cambio sostenible en la agricultura debe incluir una visión integral del sector agrícola, que considere el balance entre los diversos factores de la producción: Precios adecuados y oportunos, crédito o financiamiento, disponibilidad de insumos, transporte, técnicas de conservación y almacenamiento, mantenimiento de la fertilidad del suelo, y, en el caso de las zonas áridas y semiáridas, conservación del agua y control de la salinidad. El concepto de una tecnología apropiada ha ido desarrollando raíces y ya se toma en cuenta en numerosos proyectos de países en desarrollo (McDonald y Kay, 1988).

Los paquetes tecnológicos desarrollados en la Revolución Verde fueron ambiente-específicos, la cual fue una decisión inicial lógica para estimular la aceptación pública de la nueva tecnología, que crearía un clima socio-político favorable, al menos temporalmente, y un marco adecuado para continuar las investigaciones agrícolas. La poca adopción de los nuevos trigos en diferentes países y regiones en desarrollo, la proliferación y aumento en la incidencia de diversos tipos de royas (fitopatógenos causantes de enfermedades en el trigo), el pronunciado déficit de agua, y las demandas excesivas de insumos para modificar sustancialmente las tecnologías locales, fueron, algunos de los factores que opacaron el éxito de la Revolucion Verde a finales de los 70's. Estos aspectos fueron causando entre numerosos investigadores, el sentir de que verdaderamente lo que se necesita son variedades con amplia adaptación a los factores limitantes de la producción (Evenson y Gollin, 2003).

Implicaciones de un mejoramiento agrícola basado en atributos hídricos y edáficos

Se considera un axioma el que la producción de biomasa económicamente importante de una planta que se desarrolla en condiciones de sequía será menor que cuando se desarrolla bajo una humedad del suelo óptima. Por tanto, en términos prácticos no es posible obtener inmunidad biológica contra los efectos de la sequía. La productividad podría incrementarse en gran medida al prolongar la disponibilidad de humedad del suelo al menos en las etapas críticas del período de crecimiento, si se reducen de algún modo las tasas de transpiración o si se logra un uso más eficiente del agua (Gikas y Tchobanoglous, 2009). El estudio de la resistencia a la sequía requiere una definición objetiva del propio término, pero a la fecha no se tiene disponible una que sea de uso universal. Un documento de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, por sus siglas en inglés) sobre las definiciones de sequía, incluyó catorce que se basan en la precipitación, trece que consideran la precipitación y temperaturas medias, once en los índices climáticos y estimaciones de evapotranspiración y quince en parámetros de la relación suelo-planta-agua (Hounam y cols., 1975). Algunos de los factores que se emplearon en las definiciones fueron la precipitación, la temperatura del aire, la humedad relativa, la evaporación de una superficie de agua libre, la transpiración, el viento, las corrientes de aire, la humedad del suelo y las condiciones de la planta. La sequía consiste en un fenómeno efímero concerniente a reducciones anormales en el abastecimiento natural de agua (Agnew y Anderson, 1992). En el presente trabajo se define la sequía como cualquier período durante el cual, las deficiencias de agua en la planta o en el suelo, afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. Tales deficiencias pueden ser consecuencia de un suministro escaso de humedad o de una alta demanda de la misma.

La duración del período de sequía determinará la cantidad de daño ocasionado en el desarrollo de la planta. Cabe aclarar en éste punto, que los modelos de uso del agua y evapotranspiración basados en índices climáticos (Blaney y Criddle, 1962; Thornthwaite, 1948), son de utilidad en la planeación del agua en una cuenca y para la elaboración de cartografía, aunque no para determinar el uso de agua de cultivos.

Problemas y retos de la salinización

La salinización en suelos y aguas es un problema ambiental global, cuya causa principal es el manejo inadecuado que se realiza sobre los suelos, lo cual se conjuga principalmente con el contexto social rural (Cuero, 2012). Asimismo, es uno de los procesos esenciales que contribuyen directamente a la desertificación, lo cual ocurre en el 50% de las regiones áridas y semiáridas del mundo (Ricardo-Palacio y cols., 2010). Es un problema ambiental causado por la sobreexplotación agrícola, que a su vez se deriva de una nula planeación y ordenamiento insuficiente de las zonas productoras, lo cual denota escaso seguimiento y análisis de los parámetros indicadores de calidad.

La mayoría de las plantas de importancia agrícola en México son sensibles a la salinidad y su producción se ve significativamente reducida cuando se cultivan en suelos salinos (Barkla y cols., 2011), aunque existe la posibilidad de aprovechamiento de especies tolerantes o resistentes, que habrán de considerarse en el futuro inmediato.

Materiales y Métodos

Área de Estudio

Se analizaron datos disponible para las cuencas de La Paz y Santo Domingo, B.C.S., aunque los análisis numéricos se focalizaron a la determinación de las tendencias de los procesos de salinización y desertificación en este último. El Valle de Santo Domingo o Distrito de Riego No. 066, en el Municipio de Comondú, Baja California Sur, abarca una superficie de 72,409 ha, de las cuales 62,986 (87%) pertenecen a pequeños propietarios y 9,423 ha (13%) corresponden al sector ejidal. De hecho, en este valle agrícola se concentra 73.6 % (26,177 ha por ciclo) de la superficie sembrada en el estado, en promedio (Troyo-Diéguez y cols., 2008). Su hidrografía se caracteriza por arroyos y escurrimientos efímeros o intermitentes; destaca el arroyo Las Bramonas, que cruza el valle agrícola con dirección este a oeste y descarga en la costa del Océano Pacífico (figura 1). Las tierras del Valle de Santo Domingo, B.C.S., se caracterizan por la amplia cobertura de la agricultura extensiva en el paisaje. Al respecto, Rosete-Vergés et al. (2008) concluyeron que las zonas con atributos importantes para ser estudiados a detalle en la Península de BC acerca de los efectos de cambio de uso del suelo son el Mpio. de Tijuana BC (expansión urbana), el corredor agrícola de San Quintín BC y el Valle de Santo Domingo BCS (desmatorralización y recuperación).

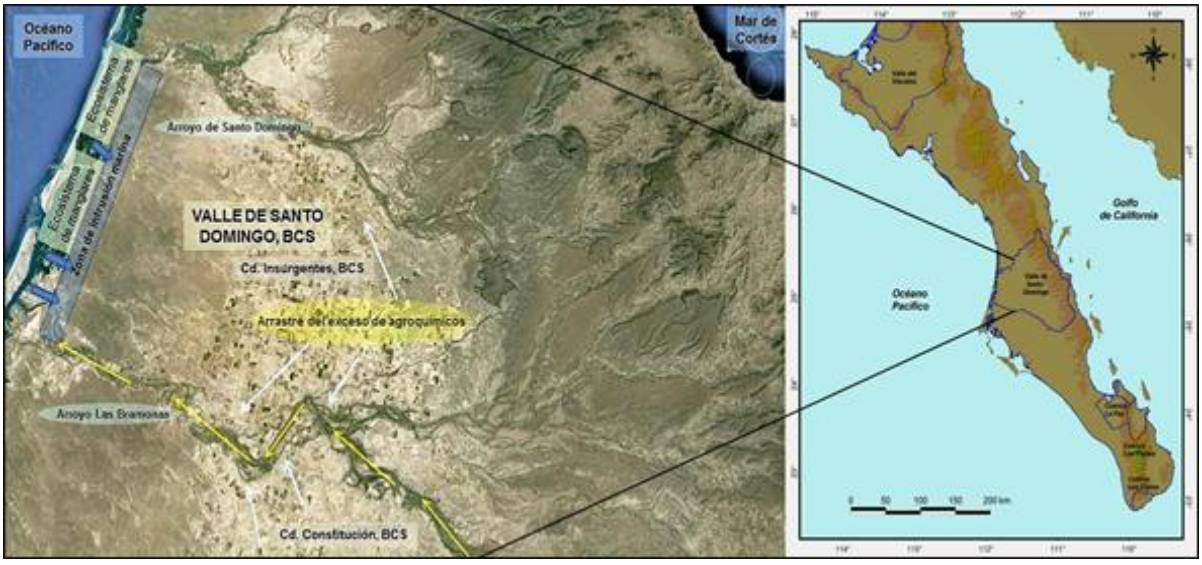


Figura 1. Localización geográfica e imagen de satélite del valle agrícola de Santo Domingo, B.C.S.

Resultados y Discusión

En la figura 2 se muestran las funciones que explican la tendencia de la salinidad del agua subterránea en respuesta al abatimiento del nivel estático (NE) por abajo del nivel del mar (mbnm) observado en pozos. La función logarítmica (ln) presenta mejor ajuste, aunque la función lineal exhibe de igual manera suficiente correlación numérica. Según el modelo lineal, por cada m que disminuya el NE por debajo del nivel del mar la salinidad del agua subterránea tenderá a aumentar en 0.26 dSm^{-1}, lo que significa un incremento aproximado de 25%. En este contexto, la figura 3 muestra la tendencia de la CE para el período 1970-2010.

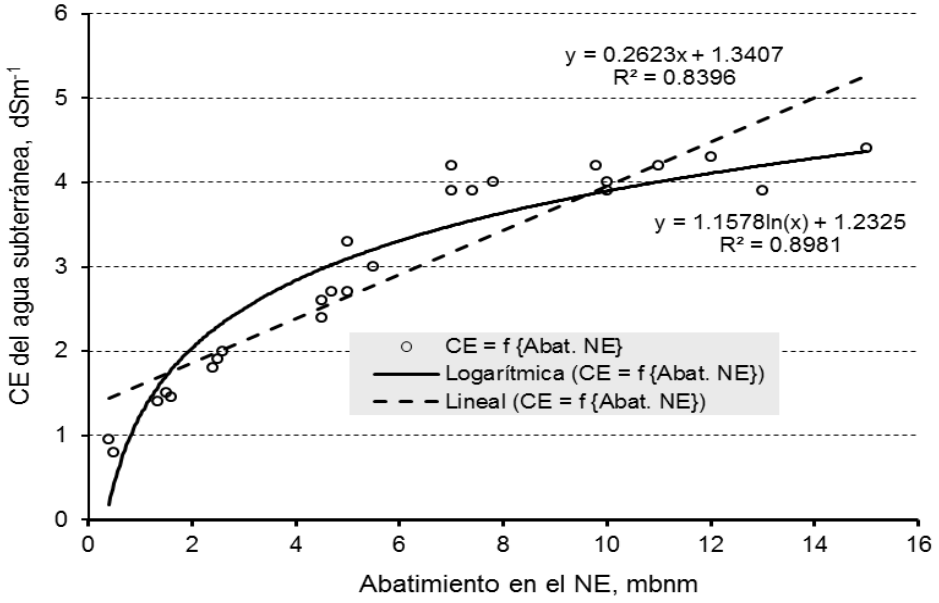


Figura 2. Funciones numéricas de asociación entre el abatimiento del NE por abajo del nivel del mar y la CE del agua subterránea; valle agrícola de Santo Domingo, B.C.S.

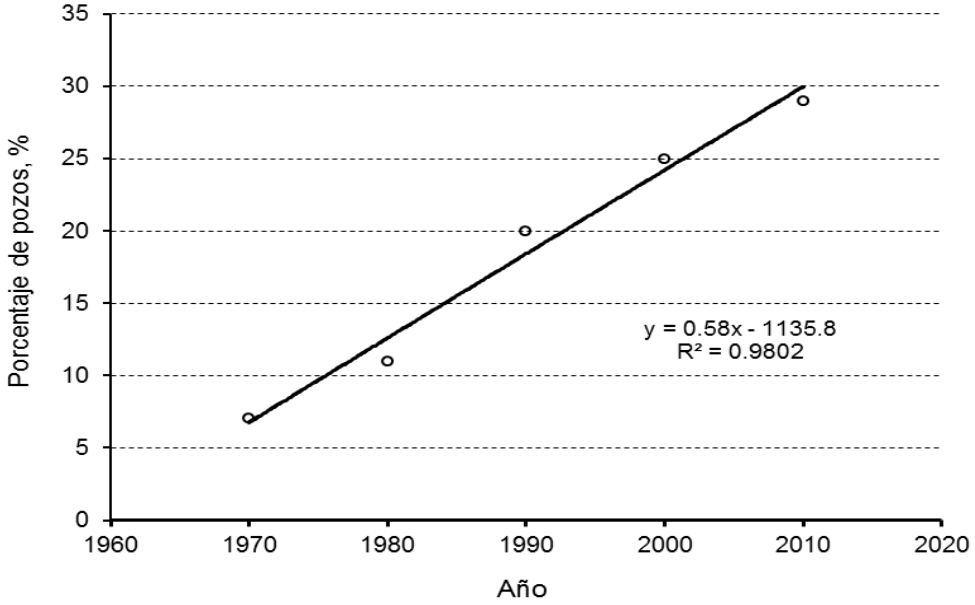


Figura 3. Tendencia de salinización del agua subterránea en el período 1970-2010; valle agrícola de Santo Domingo, B.C.S.

Conclusiones

De continuar la tendencia inercial detectada para el período 1970-2010, hacia el 2020 alrededor del 35% de los pozos manifestarán salinidades de 2.5 a 3.5 dSm-1 y para el 2030 poco más del 40% de los mismos alcanzarán dichos valores (figura 3), lo cual significa que casi la mitad de la extensión productiva del valle de Santo Domingo verá mermada substancialmente su capacidad productiva a consecuencia de la salinización, cuya remediación en etapa avanzada es altamente costosa y económicamente inviable. Al respecto, se debe trabajar en la búsqueda de soluciones

sostenibles viables que perciban la complejidad del problema en sus aspectos sociales, culturales, económicos, políticos y técnicos, desde la perspectiva de una producción más limpia.

Perspectivas

Los requerimientos para el desarrollo de estrategias que alivien las deficiencias de una insuficiente producción agrícola, más bien pudieran basarse en un enfoque global multidisciplinario. Lo anterior incluye la integración de científicos y técnicos con diferentes formaciones académicas, dedicados a una meta general común, partiendo de la colección y evaluación de germoplasma, nativo e introducido, realizando abundante y cuidadosa labor integrativa y evaluadora. Bajo tal esquema, deben emplearse parcelas de diferente calidad en cuanto a fertilidad y salinidad y bajo diferentes condiciones de humedad aprovechable, con disponibilidad de agua de diversas calidades, nunca perdiendo los objetivos trazados tanto a nivel personal como de grupo. Entre las diversas opciones disponibles, los avances biotecnológicos deben aprovecharse en la definición de estrategias para el mejoramiento de la tolerancia a la salinidad en plantas de importancia agrícola (Barkla y cols., 2011).

BIBLIOGRAFÍA

Agnew, C. y E. Anderson. 1992. Water resources in the arid realm. The Routledge Physical Environment Series. University of Cambridge. London and New York. 329 pp.

Barkla, B.J., R. Vera-Estrella, E. Balderas y O. Pantoja. 2011. Mecanismos de tolerancia a la salinidad en plantas. Biotecnología V14 CS3. Capítulo 23. UNAM. pp. 263-272.

Blaney, H.F. y W.D. Criddle. 1950. Determining consumptive use and irrigation water requirements. U.S. Dep. Agr. Tech. Bul. 1275. U.S. Gov. Print. Office. Washington, D.C. USA.

Crosson, P., Anderson, J., 2002. Technologies for Meeting Future Global Demands for Food. Discussion Paper 02–02. Resources for the Future 1616 P Street, NW. Washington, D.C. pp. 32.

Cuero, R. 2012. Hacia un sistema complementario de producción más limpia en suelos degradados por salinidad. Ambiente y Sostenibilidad, 2012 (2): 59-68.

Dunstone, R.L., Gifford, R.M. y L.T. Evans. 1973. Photosynthetic characteristics of modern and primitive wheat species in relation to ontogeny and adaptation to light. *Australian Journal of Biological Sciences*, 26:295-307.

Evenson, R.E., Gollin, D., 2003. Assessing the impact of the green revolution: 1960-2000. Science 300, 758-762.

Gikas, P., Tchobanoglous, G., 2009. The role of satellite and decentralized strategies in water resources management. Journal of Environmental Management 90, 144-152.

Hounam, C.E., Burgos, J.J., Kalik, M.S., Palmer, W.C. y J. Rodda. 1975. Tech. Note 138. World Meteorological Organization. Ginebra. pp 51-58.

Jennings, P.R. 1974. Rice breeding and world food production. *Science*, 1085-108.

McDonald, A., Kay, D., 1988. Water Resources Issues and Strategies Series, Longman Scientific and Technical, Essex, England. 1988. 284 p.

Ricardo Palacio, S., R. Ramírez Olivera, R.Núñez Tablada, V. López Cruz. 2010. Evaluación de la salinidad potencial de aguas para riego en la cuenca del Cauto. Ciencias Holguín, vol. XVI, núm. 2, pp. 1-5

Rosete Vergés, F.A., Pérez Damián, J.L., Bocco, G. 2008. *Investigaciones Geográficas*. 67, 39-58.

Thornthwaite, C.W. 1948. An approach toward the rationale classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38:55-94.

Troyo-Diéguez, E. et al. (2008) "Diagnóstico agro-ambiental de Baja California Sur: Estado actual y alternativas para el desarrollo agropecuario sostenible", Capítulo 13, en Cariño, M. y M. Monteforte (eds.), *Del saqueo a la conservación: Historia ambiental contemporánea de Baja California Sur, 1940-2003.* México, D.F., SEMARNAT–INE–UABCS–CONACYT, 04530, pp: 551-570.

ACUMULACIÓN DE METALES PESADOS EN EL SUELO DE LA LLANURA DE INUNDACIÓN DEL RIO LERMA, CAUSADA POR LAS OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL DEL LIBRAMIENTO RUTA DE LA INDEPENDENCIA

Moran López, O[1]; Balderas Plata, M. A[1]*; Madrigal Uribe, D[1]; Antonio Némiga, X[1]

Universidad autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, México

*Autor responsable: Miguel Ángel Balderas Plata; mabalderasp@uaemex.mx. Cerro de Coatepec S/N, Ciudad Universitaria, Toluca, México. México. CP 50110; Tel:(722) 2150255

Resumen

El suelo es considerado un recurso natural, frágil y no renovable, debido a que resulta difícil y costoso recuperarlo o incluso, mejorar su propiedad después de haber sido alterado.La construcción de la infraestructura de comunicación terrestre, tales como las carreteras, modifica la topografía local al trazo de la vía y en consecuencia el drenaje natural sirviendo como una barrea. En este estudio se cuantifico los niveles de concentración de Fe, Pb, Cd, Cr, en los suelos de la llanura de inundación del rio Lerma en época de lluvia. Partiendo de una caracterización del suelo para establecer relación entre los parámetros físico-químicos los cuales fueron pH, Da, textura, CE y MO para lo cual se aplicó el análisis estadístico de correlación de Pearson, así mismo se elaboraron mapas de distribución para cada parámetro y metal estudiado. Las correlaciones estadísticas muestran las relaciones entre las variables físico-químicas siendo el contenido de MO, pH, Da y la CIC de las que se encontró relación La presencia de concentración de cada elemento fueron variables, pero generalmente inferiores a los límites máximos permisibles por las normas oficiales. Sin embargo, esto no es suficiente para establecer que los suelos de la zona de estudio destinados a usos urbanos, rurales o en producción agrícola no tienen contaminación por metales.

Palabras clave: Contaminación; Metales pesados; Impacto ambiental

Introducción

Desde 1906 se reportaba la muerte de fauna del río Lerma y el envenenamiento de suelos y animales que bebían dicha agua, debido principalmente a las actividades mineras; aun conociendo esto, las empresas continuaron con sus prácticas extractivas. Después de la caída de la minería, los obreros se convirtieron en ejidatarios y campesinos, pero carecían de conocimientos de agricultura sustentable y del cuidado de los suelos, causando así un impacto ambiental en dichos lugares (González et al, s/f).

La cuenca del río Lerma, también conocida como el sistema Lerma-Chapala-Santiago, es sin duda una de las más importantes en la República Mexicana. Durante su recorrido recibe un sin número de tributarios que no han sido regulados y que han contribuido a su deterioro y pérdida de biodiversidad. Resultado de esta condición, los estudios de calidad de las cuencas hidrográficas han adquirido gran interés en las últimas décadas, por el incremento de población en sus riberas, el creciente grado de industrialización y los aportes del sector primario (GEM, 1993).

En las últimas décadas del siglo XX se empezaron a apreciar los efectos negativos de la mecanización en la construcción de carreteras. A partir de entonces se ensayaron procedimientos que amortiguaran ese impacto y se incorporaron nuevos criterios en la planificación, ejecución y

gestión de las infraestructuras, esta nueva orientación permitió la incorporación de profesionales hasta entonces ajenos a las obras públicas (Valle et al., 2006).

Una fuente importante de contaminación por elementos potencialmente tóxicos en México es la actividad industrial. Este tipo de actividades genera diversos tipos de residuos peligrosos que, ante la falta de una regulación jurídica adecuada que los identificara como tales, se dispusieron en sitios inadecuados. Ejemplos de estos son, terrenos aledaños a las plantas industriales especialmente adquiridos para ese propósito, patios de las propias instalaciones industriales, aunque también se depositaron indiscriminadamente en barrancas, ríos, basureros, terrenos baldíos y cañadas, entre otros (Semarnat, 2004). La peligrosidad de estos residuos, entre los que destacan los metales pesados es mayor, al no ser química ni biológicamente degradables. Una vez emitidos, pueden permanecer en el ambiente durante varios años. Además, su concentración en los seres vivos aumenta a medida que son ingeridos por otros, por lo que la ingesta de plantas o animales contaminados puede provocar síntomas de intoxicación (CONSUMER, 2001 citado por Balderas et al., 2003). Algunas investigaciones han reportado el destino y la magnitud de los contaminantes de metales pesados que se encuentran en escurrimiento de la carretera. Estos son específicos del sitio y se ven afectados por el volumen de tráfico, el diseño del camino, el clima que rodea así como el uso del suelo. Las vías de acceso con mayor promedio de tráfico diario producen de dos a cinco veces mayor nivel de contaminantes que el que se encuentra en las carreteras rurales, ejercen impactos significativos que podrían llevar a la degradación de las funciones estéticas, recreativas, así como características físicas, biológicas, y químicas de las aguas receptoras. Los contaminantes más comunes incluyen: sólidos en suspensión y metales pesados (Diario de Química Ambiental y Eco toxicología, 2010).

Con base en lo expuesto anteriormente, Se elaboraron mapas que muestran la distribución espacial de metales pesados en suelos de la llanura de inundación del rio Lerma y la relación con la infraestructura vial, en la actualidad es una herramienta muy importante para el conocimiento de las causas y los procesos de deterioro del recurso, así como para desarrollar acciones de prevención, control y mitigación de los efectos negativos generados por la actividad antropogénica sobre el suelo.

Materiales y Métodos

El área de estudio se seleccionó a través de los siguientes criterios. Primero: como ruta de muestreo se eligió la trayectoria de las vía de comunicación (Libramiento Ruta de la Independencia) que actúa como una barrera física que impide el flujo de las partículas del suelo, generando una concentración. Y segundo: que gran parte de la superficie de la zona de estudio se destina a la agricultura, y uso urbano y que muestran una evidente alteración antrópica. Se ubica al noroeste del municipio de Toluca en los límites con el municipio de Lerma entre la carretera federal México - Toluca y la carretera federal número 130 a Naucalpan. Se localiza entre los paralelos 19° 17’ 46” y 19° 22’ 39” de latitud norte y entre los meridianos 99° 31’ 17” y 99° 33’ 17” de longitud oeste. El clima de la zona de estudio es de acuerdo a la clasificación de koppen, modificada por Enriqueta García como C (w2) (w), (templado subhúmedo con lluvias en verano), la precipitación del mes más seco es menor a 40mm; la temperatura media oscila entre los 12 y 18°C, presentando una temperatura del mes más frio entre – 3 y 18 ° C (Bastida, 2008). Hacia ambos lados del río se distinguen dos grupos de suelos la asociación Vertisol pelico con Planosol eútrico, de textura fina, en la que predominan las partículas de arcilla y limos. La segunda asociación es la Feozem haplico con Vertisol pelico, textura media en la cual existe una mezcla homogénea de partículas de arena, limo y arcilla, manteniendo iguales proporciones (Bastida, 2008). Las muestras de suelo tomaron a una profundidad de 0 a 80 cm, el tipo de muestreo fue sistemático de forma vertical o mejor conocido como profundo, la distancia entre muestras fue de 800m y 1000m para evitar las zonas urbanas y tener mayor cobertura de la zona de estudio y el punto de muestreo estuvo entre 50m y 200m alejado de la vía de comunicación de acuerdo a las condiciones del terreno, es decir, hacia la izquierda y derecha dependiendo de la accesibilidad. Las muestras de suelo se secaron y se molieron, una vez disgregadas las muestras se tamizaron en una malla de 2mm de diámetro de luz

de malla y posteriormente en una malla de 0.2mm de diámetro. Las determinaciones de las propiedades físicas y químicas se realizaron de acuerdo con las técnicas descritas por la NOM-021-RECNAT-2000 pH en agua, en una relación 1:2.5, materia orgánica (MO) por el método de Walkley y Black modificado, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y cationes intercambiables recuperados con acetato de amonio, y la textura por el método de Bouyoucos.

Los contenidos totales de los metales se sometieron a una digestión con HNO_3 concentrado y H_2O_2 al 10% a 180 °C utilizando un digestor se filtró y se afora a 25ml con HNO_3 a 2% de acuerdo a lo propuesto por Ure (1995).

Resultados y Discusión

Los datos en la Tabla 1, demuestran que hay mayor porcentaje de arena que de limo y arcilla, estas últimas en menor porcentaje, los valores de pH no presentan diferencias significativas teniendo el mayor número de puntos muestreados en el rango de moderadamente acido; son suelos con normal a alta capacidad de intercambio catiónico, con un 98% de ellos que están dentro de >12 $cmol_c\ kg^{-1}$, debido a la textura y al gran contenido de materia orgánica, la densidad aparente se encuentra en un intervalo bajo, la conductividad eléctrica hace clasificar a los suelos como de ligeramente salino a salinos, esta variación se debe a la presencia de agua en estos suelos por la alta precipitación que hay en la zona de estudio y la concentración de zonas inundadas permanentemente.

Tabla 2. Parámetros químicos y físicos de los suelos de los sitios muestreados.

Punto de muestreo	Arena (%)	Arcilla (%)	Limo (%)	pH	CE dSm^{-1}	Da $g\text{-}cm^3$	CIC $cmol_c\ kg^{-1}$	MO (%)
1	61.20	15.16	23.55	7.59	0.19	1.16	15.70	1.88
2	79.20	9.20	11.60	7.71	0.28	1.12	18.30	3.02
3	27.20	53.20	19.60	5.31	0.17	0.92	27.80	6.72
4	37.20	31.20	31.60	4.89	0.55	0.94	17.20	7.74
5	51.20	27.20	21.60	4.91	0.93	0.88	18.50	9.86
6	91.20	3.20	5.60	8.01	0.10	1.17	6.30	1.43
7	65.26	19.16	15.56	7.11	0.23	1.23	16.70	3.76
8	28.80	49.20	22.00	5.35	0.46	0.80	20.60	7.25
9	27.23	48.90	23.85	7.02	0.58	0.45	18.50	7.85
10	62.80	27.20	10.00	6.11	0.41	0.68	17.20	0.74
11	24.95	51.09	23.95	6.64	0.18	0.63	27.30	9.83
12	30.80	43.20	26.00	5.23	0.51	0.49	30.60	16.50
13	27.52	48.71	23.76	5.92	0.34	0.45	21.00	6.48
14	54.89	29.14	15.96	6.20	1.25	0.96	19.30	6.62
15	44.80	35.20	20.00	6.31	0.11	0.97	19.40	4.21
16	43.70	38.58	17.71	6.64	0.14	1.05	25.80	1.34

Nota: S/D: sin detectar

La tabla 2 muestra las concentración de Cr total determinadas en los suelos de la llanura de inundación del rio Lerma, van de 0.04 1.18 mg Kg^{-1} a partir de estos datos los valores más altos corresponden a los puntos de muestreo 4 y 5 correspondiente al lado Oeste. El valor más bajo de Cr en el suelo corresponde en los puntos 2 y 6 del lado Oeste y 10 y 13 del lado Este los valores no son significativos en comparación con normas oficiales.

Tabla 2. Concentración de metales en los sitios muestreados.

Sitio	Fe	Cr	Pb	Cd
	----------*mg kg* $^{-1}$----------			
1	3.98	0.13	0.82	S/D
2	4.80	0.09	0.85	S/D
3	4.59	0.31	0.35	S/D
4	4.66	1.18	0.37	S/D
5	4.78	0.70	0.66	S/D
6	2.24	0.00	0.70	S/D
7	4.93	0.26	0.38	S/D
8	4.36	0.22	0.23	S/D
9	3.02	0.09	0.25	S/D
10	4.15	0.04	0.26	S/D
11	4.42	0.09	0.30	S/D
12	3.55	0.25	0.26	S/D
13	5.00	0.08	0.08	S/D
14	4.55	0.17	0.08	S/D
15	4.89	0.20	0.05	S/D
16	5.39	0.26	0.17	S/D

Nota: S/D: sin detecr

Las concentraciones obtenidas de Pb van de 0.05 a 0.085 mg Kg^{-1}a partir de estos valores la dinámica de este elemento se donde se muestra que los valores más altos se encuentran el lado Oeste de la zona de estudio. Los valores obtenidos del Fe van de los 2.24 a 5.39 mg Kg^{-1} este es el elemento que registro un incremento en los valores respecto a los demás metales, a diferencia de los otros metales los puntos de muestreo con los valores más altos se encuentran en ambos lados de la zona de estudio.

Con respecto a la correlación existente entre los metales pesados y los parámetros físico-químicos los resultados se muestran en la tabla 3.

Tabla3. Correlación múltiple Pearson de la concentración de metales pesados y los parámetros fisicoquímicos

	arcilla	limo	pH	Da.
Fe	0.225	0.232	0.348	0.150
Cr	0.043	0.565*	-0.653**	0.115
Pb	0.700**	-0.266	0.430*	0.516*

Nota: los coeficientes de correlación que se muestran, presentan en todos los casos una probabilidad < 0.05.

El Cr, presenta correlaciones con el porcentaje de limo y el pH, a este respecto se ha sugerido que al incrementar el pH del suelo hacia la alcalinidad la adsorción del Cr desciende en la arcilla, posiblemente asociándose más con partículas mas inertes como son los limos (Fig. 1). El Pb presenta una correlación positiva con el pH (Fig. 2), esto pude ser debido a que con forme el pH del suelo incrementa el Pb pude precipitar como hidróxido, fosfato o carbonato, tal como lo sugiere Cala y Rodríguez (1989). El incremento de la densidad origina una menor porosidad e infiltración del agua o del agua del suelo, lo que limita la movilidad del Pb y su más fácil asociación con otros componentes minerales del suelo presentes (Fig. 3).

Figura1. Correlación Cr-pH

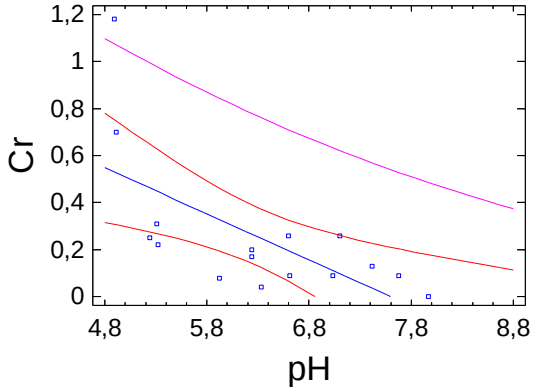


Figura 2. Correlación Pb-pH

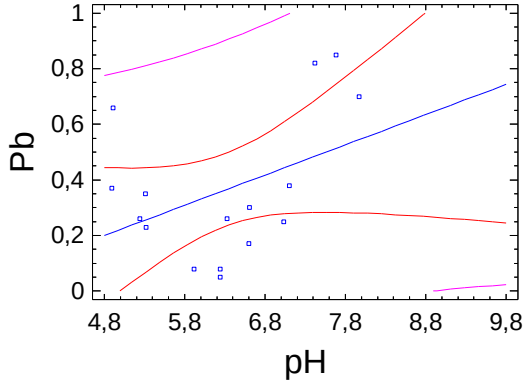
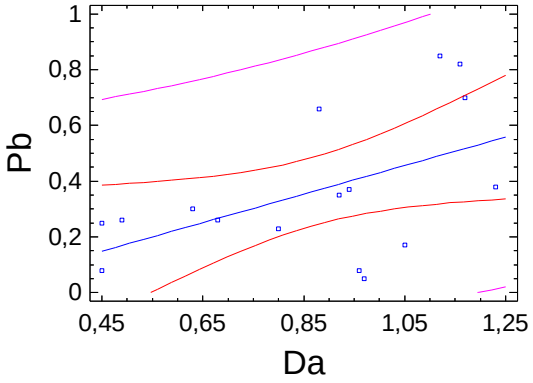


Figura 3. Correlación Pb-Densidad Aparente



Conclusiones

Las concentraciones de los metales pesados Cd, Cr, Fe y Pb detectados en el suelo no son tóxicas, debido a que no superan los intervalos de concentración considerados como permisibles en el suelo. De acuerdo a los resultados obtenidos existieron diferencias en las propiedades fisicoquímicas en los sitios de muestreo, sin embargo no todos mostraron correlación entre un parámetro y otro. Cabe señalar que la textura franco arcillosa en las muestras estudiadas juegan un papel importante en la dinámica de los demás parámetros y de los metales pesados, los niveles más altos encontrados muestran que la vía de comunicación actúa como una barrera física que impide el flujo de las partículas del suelo, generando dicha concentración.

Si tomamos en cuenta que los metales pesados tienden a lixiviarse a horizontes más profundos, es lógico pensar que estos no se encuentren disponibles o de baja concentración, al nivel de este estudio (80 cm), no son considerados niveles representativos de toxicidad ya que están muy por debajo de algunos parámetros determinados por organismos internacionales.

Bibliografía

Acosta Álvarez, M. M. (2007). Determinación de Metales Pesados en Suelos Agrícolas del Valle del Mezquital, Hidalgo, Tesis, Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

ATSDR Agencia para Sustancias Toxicas y el Registro de Enfermedades. (2008) Resumen de salud Pública: Cromo, Disponible en: http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.html consultada 23 de marzo de 2012

Balderas Plata, M. A., Cajuste, L., Lugo de la Fuente, J. A., & Vázquez Alarcón, A. (2003). Terra Latinoamericana. (U. A. Chapingo, Ed.) Recuperado el 18 de Abril de 2012, de Redalyc: htp://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=5732140

Bastida Chávez, A.(2008) Evaluación de la Eficiencia del Sistema Hídrico Antrópico del Valle del Curso Alto del Rio Lerma, Estado de México, Tesis, Licenciatura en Geografia, Universidad Autónoma del Estado de México

Bohn, H. L., B. L. McNeal y G. O. O'Connor. 193. Quimica de suelos. Limusa-Noriega Editores. México

Cala R. V. y Rodríguez s. J. 1989. Estudio de la contaminación de metales pesados en la Vega de Aranjuez, I y II. Anal. Edaf. Y Agrobio. Tomo XLIV, no 9 y 10: 189-193.

çCENPRED Centro Nacional de Prevención y Desastres (2004): "Inundaciones". Serie de Fascículos México: CENPRED.

GEM Gobierno del Estado de México. (1993). Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Rio Lerma: GEM.

González, I. (s/f). Estudio del Curso Alto del Rio Lerma desde una Perspectiva Sustentable. Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, 2-10.

Hernández Hernández, A. (2007). Determinación de Metales Pesados en Suelos de Natividad, Ixtlan de Juárez Oaxaca. Ixtlan: Tesis.

INE Instituto Nacional de Ecología, (2009) Metales Pesados, INE

INE, SEMARNAT Instituto Nacional de Ecología, Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales,(2006) Atlas de La Cuenca Lerma-Chapala, INE- SEMARNAT

Joaquín Navarro, (2006) Efectos de las carreteras en los ríos; estudio preliminar de producción y emisión de sedimentos en las obras de la A-63 en Asturias. Disponible en: www.unizar.es/fnca/duero/docu/c13.pdf consultada el 20 de abril de 2012

Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology 2010, Assessment of heavy metals in urban highway runoff from Ikorodu expressway Lagos, Nigeria, January, 2010 Disponible en:http://www.covenantuniversity.edu.ng/Profiles/Nwinyi-obinna/Assessment-of-heavy metals-in-urban-highway-run-off-from-ikorodu-expressway-Lagos-Nigeria.-2010 consultada el 20 de marzo de 2012

Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 1992. Trace elemens in soils and plants. 2da edicion CRC Press. Florida 100-105, 120-141, 187-196, 271-292

Lopardo R.A y Seoane R. (2000): "Algunas reflexiones sobre crecidas e inundaciones". Ingeniería del Agua 7(1)11-21.

ONU Organización de las Naciones Unidas (1999): "El rostro del desarrollo humano", capitulo7 Las implicaciones del Mitch para el desarrollo rural. Informe anual ONU, Guatemala

SCT Secretaria de Comunicaciones y Transportes Infraestructura. México: SCT Disponible en: http://www.sct.gob.mx/fileadmin/subseInfraestructura/PC_DGDC-2011.pdf consultada el 5 de junio de 2012

SEMARNAT Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2005) Informe de la Situación del Medio Ambiente en México Compendio de estadísticas ambientales, capitulo 3: Suelos en México.

Sierra Aragón, M. (20 de Enero de 2005). Universidad de Granada., Disponible en: http://0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es/tesisugr/15344836.pdfConsultado el 5 de Septiembre de 2012

Ure, A. M. (1995) Methods of analysis for heavy metals in soil. In B. J. Alloway. Heavy metals in soils. Blackie academic & professional. Lonfon. UK. 58-73.

Valle Álvarez, A., del Jesús Clemente, M., de la Puente. (2006). Planificación y Diseño Ambiental de Carreteras. Integración Practica de la Funcionalidad Vial y la Ecológica. Carreteras, 93-110.

DINÁMICA DE LA BIOMASA VEGETAL Y ATENUACIÓN NATURAL DE LOS HIDROCARBUROS DEL PETRÓLEO EN UN HUMEDAL DEL SURESTE DE MÉXICO

Rivera Cruz, M. C.1*; Trujillo-Narcía, A.2

[1]Colegio de Postgraduados, Campus-Tabasco. H. Cárdenas,Tabasco. México.
[2]Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco. México.

*Autor responsable: mariari@colpos.mx; Calle Periférico Carlos A. Molina S/N Carr. Cárdenas-Huimanguillo Km.3. H. Cárdenas, Tabasco. México. CP. 86500; Tel. 01(937)-3722386.

Resumen

Este trabajo consistió en evaluar en cuatro años sucesivos (época de sequía) la diversidad, biomasa foliar hidrófita e hidrocarburos totales del petróleo (HTPs) en un Gleysol con petróleo intemperizado, para indicar el proceso de atenuación natural de suelos petrolizados a través del tiempo. En el mes de enero 2010 se establecieron diez parcelas experimentales (4x4 m^2) en una superficie de 44, 321.199 m^2 aledaña a ocho ductos que conducen petróleo crudo de los pozos de extracción a las baterías y al Complejo Procesador de Gas de La Venta, Tabasco. El día ultimo del mes de mayo del 2010, 2011, 2012 y 2013 fue colectada la biomasa vegetal, ejemplares de flora hidrófita y suelo (cuatro muestras por parcela). Los parámetros evaluados fueron; diversidad de flora, biomasa foliar seca e HTPs en cada tiempo. Los resultados indican la presencia de flora hidrófita nativa desde cinco a 11 especies en los cuatro momentos evaluados, predominan cuatro especies; *Juncus* sp, *Cyperus* sp, *Leersia hexandra* y *Hymenachne amplexicaulis*. Estas especies han generado en el humedal la mayor producción de biomasa. Se encontró una relación inversamente proporcional de la producción de biomasa foliar y los contenidos de HTPs, estos últimos disminuyen conforme el tiempo de exposición del petróleo intemperizado incrementa en el ambiente. El proceso de atenuación natural de los HTPs intemperizados en el Gleysol fue observado, en condiciones anerobicas y aerobicas propias del humedal y se indujo posiblemente por la microflora rizosférica y a través de los cuatro años (un día de la época de sequía). Este proceso puede suceder cuando el depósito industrial del petróleo no continúe *In situ* en los humedales del sureste de México.

Palabras clave: Flora hidrodita; Leersia hexandra; atenuación natural; petróleo

Introducción

Los humedales o pantanos son hábitats interiores, costeros y marinos de un continente que comparten ciertas características. Es un área inundable de variación estacional, donde la capa freática aflora en la superficie o en el Gleysol de baja permeabilidad cubierta con agua poco profunda (Anónimo, 2011). Estos ecosistemas constituyen una superficie de 45,250 hectáreas en el estado de Tabasco (CONABIO, 2009), en ellos se establecen una gran diversidad de plantas, organismos hidrófitos que producen una alta producción de biomasa. Los manglares predominan con un 70.4%, el resto está constituido con flora hidrófita diversa como Tule (Juncaceae), Tulillo (Cyperaceae), ninfas (Nymphaeaceae) y pastos (Poaceae).

Los humedales en donde predomina la flora hidrófita diversa se han reconvertido en sitios con actividad agrícola e industrial en el estado de Tabasco, México, han incorporado a los pantanos al uso de forrajes para alimentar al ganado y para instalar infraestructura petrolera que extrae, conduce petróleo crudo a los centros de separación y procesamiento industrial (Rivera, 2011). Algunos Gleysoles contienen hidrocarburos intemperizados que por accidente de fugas y derrames

de petróleo crudo han sido depositados y permanecidos *In situ* por tiempo prolongado. La existencia de hidrocarburos en el humedal por tiempo prolongado puede inducir la atenuación natural, que según Olguin et al, (2007) consiste en la disipación natural y la degradación, transformación de los contaminantes por parte de la flora microbiana autóctona. El objetivo de esta investigación fue evaluar de manera secuencial a través del tiempo los contenidos de hidrocarburos totales del petróleo, la flora hidrófita diversa y producción de biomasa en un Gleysol contaminado con petróleo intemperizado, que permita proyectar el proceso de la atenuación natural de los hidrocarburos en relación a la flora hidrófita para la recuperación del humedal.

Materiales y Métodos

El experimento se realizo *In situ* en un humedal localizado el ejido José Narciso Rovirosa, Huimanguillo, Tabasco, a dos kilómetros al suroeste del Procesador de Gas, la Villa La Venta (PEMEX). La superficie del sitio de estudio cuenta con una extensión de 44, 321.199 m^2. En el mes de enero 2010, se establecieron 10 parcelas experimentales (PE) (4 x 4 m^2), su ubicación fue con referencia a los ocho ductos que atraviesan por la parte central del terreno en estudio, los cuales conducen petróleo crudo de los pozos de extracción a las baterías y al complejo procesador de gas. En estado de Tabasco se presentan tres épocas climáticas; sequía (marzo a mayo), lluvias (junio a octubre) y nortes (noviembre a febrero). En el mes de mayo (época de sequía) con temperaturas que oscilan entre 26 a 45°C, precipitación bajas menores a 40 mm mensuales (INEGI, 2008), en cada parcela y en los años 2010, 2011, 2012 y 2013 se colectó flora hidrófita y la biomasa aérea vegetal (BAV).Para la BAV se utilizo un molde de madera (1m^2) (Daubenmire, 1959). Para los hidrocarburos totales del petróleo (HTPs), se colectaron cuatro muestras de suelo distribuidas al azar dentro de la superficie de la PE, estas se depositaron en frescos de vidrio y almacenaron a 4°C hasta su procesamiento. La extracción de los HTPs se efectuó con CCl4 al 99.5% de pureza (Merck para análisis), en equipo soxhlet, según método EPA 418.1 modificado para suelo y sedimentos (EPA, 1986). La determinación cuantitativa por gravimetría adaptado del procedimiento establecido en la NMX-AA-134-SCFI-2006 (Consuegra, 2006). Se realizó el ANDEVA de las medias (Tukey $p \leq 0.05$) de cuatro repeticiones (SAS, 2005).

Resultados y Discusión

La diversidad de la flora hidrófita en época de sequía que predomina en el humedal en los cuatro años fueron cuatro; *Juncus* sp, *Cyperus* sp, *Leersia hexandra* y *Hymenachne amplexicaulis*. Son plantas nativas asociadas a Gleysoles con ambiente acuático, que han sido reportadas por Novelo (2006) en los pantanos del estado de Tabasco. Predomina el pasto japonesa (*Leersia hexandra*) en términos de la cantidad de biomasa vegetal en los años 2011,2012, 2013 (Cuadro 1). Este pasto es hierba perenne, emergente, anclada en el suelo anegado, pero los tallos y hojas flotantes. Es un pasto que soporta la carga animal de libre pastoreo que predomina en el humedal evaluado. La diversidad de flora fue diferente según el año de muestreo, los primeros tres años fue observada entre cinco a ocho especies, sin embargo en el año 2013 la diversidad se incremento a 11 especies. Seis especies son pastos, pero predomina *Cyperus* (tulillo), hierva predominante en humedales sin manejo agronómico.

Los hidrocarburos totales del petróleo (HTPs) en el Gleysol de las diez parcelas experimentales presentaron diferencias estadísticas significativas (Tukey $p \leq 0.05$) en cada año evaluado (Cuadro 2). Se observa una disminución por parcela conforme el tiempo aumenta, esto puede ser un proceso de atenuación natural de los HTPs, debido al efecto de la microflora que habita en la rizósfera de las ocho, cinco, siete y 11 plantas que han logrado sobrevivir y producir biomasa en los años 2010, 2011, 2012 y 2013, no solo en época de sequía, sino durante las dos épocas del año (datos no presentados).

Cuadro 1. Diversidad y biomasa de flora hidrófita (g/m^2) en el humedal contaminado con petróleo intemperizado, en época de sequía.

Flora hidrófita/Familia botánica	2010	2011	2012	2013
	g/m^2			
Tule (*Juncus* sp)	154.7	129.08	50.3	94.19
Tulillo (*Cyperus* sp)	38.4	186.94	427.8	1223.38
P. japonesa (*Leersia hexandra*)	411.2	1366.09	1627.6	1155.47
P. Alfombra (*Cynodon* sp)	727.4	----	----	1115.00
P. Egipto (*Brachiaria mutica*)	----	----	----	16.27
P. Alemán (*Echinochloa polystachya*)	----	3.09	----	289.32
Flor morada (Asteraceae)	326.1	----	6.6	15.09
Hoja de laguna (*Nymphaea alba*)	----	----	----	103.61
Camalote (*Paspalum fasciculatum*)	104.2	----	502.5	----
Zacatillo (*Hymenachne amplexicaulis*)	466.6	309.55	470.8	92.21
P. cabezón (*Papalum virgatum*)	264.55	----	1.0	----
P. salisaca (sin identicar)	----	----	----	----
Cebollin (*Cyperus* sp)	----	----	----	3.45
Flor amarilla (Ludwigia sp)	----	----	----	195.12
Diversidad	8	5	7	11
Biomasa foliar total (g/m^2)	2493.15	1994.75	3085.88	4303.11

Es en la rizósfera en donde se desarrollan procesos de biodegradación que consiste en la oxidación y/o reducción de moléculas de carbono para formar metabolitos intermedios, CO_2 y H_2O (Manoharachary y Mukerji. 2006). Los HTPs derivados del petróleo intemperizado según (Botello *et al*., 2005) por su potencial recalcitrante no están disponibles para las plantas e inducen un efecto neutral en el crecimiento de plantas (Arias *et al*., 2012)

En la Figura 1, se observa la relación de la biomasa foliar total con los HTPs en Gleysol del humedal, con relación inversamente proporcional, conforme aumenta la biomasa disminuyen los contenidos de HTPs. Esta relación es benéfica y posiblemente la microflora rizosférica mas los factores ambientales que predominan en el humedal, contribuyen en el procesos de atenuación natural de los hidrocarburos intemperizados.

Cuadro 2. Hidrocarburos totales del petróleo por parcela en cuatro años sucesivos (época de sequía), en Gleysol del humedal.

Año		Hidrocarburos totales del petróleo (mg kg^{-1} base seca) por parcela								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2010	119373b	76086cd	92086bc	60916de	75796cd	71469cd	86292c	147940a	86472c	10100f
2011	33540de	37258d	17425f	13833fg	26900e	35500d	64500bc	132001a	28266e	15875
2012	22150cd	11900f	16766de	11515	18600d	28100cd	53300b	127700a	21114d	19250e
2013	19196d	7489ef	23908cd	6939ef	3802g	24265cd	45820bc	124297a	16243d	18850d

†: Letras diferentes por hileras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey ≤0.05). n=4.

Conclusiones

La diversidad de flora hidrofita localizada en el Gleysol del humedal con HTPs intemperizado demuestra su potencial de tolerancia, predomina el pasto japonesa de uso forrajero, interactua con tule, tulillo y zacatillo sin uso forrajero. La producción de biomasa y la diversidad se incrementa conforme el tiempo incrementa, pero los HTPs disminuyen. El proceso de atenuación natural

inducido por la presencia de factores biológicos y ambientales propios del humedal están presente. Este proceso se presenta en el Gleysol de las nueve parcelas experimentales, pero en la parcela 10 ocurre lo contrario. La parcela 10, está ubicada en un área receptora de agua, derivada de la marea proveniente del Rio Tonala, posiblemente deposita sedimentos con hidrocarburos.

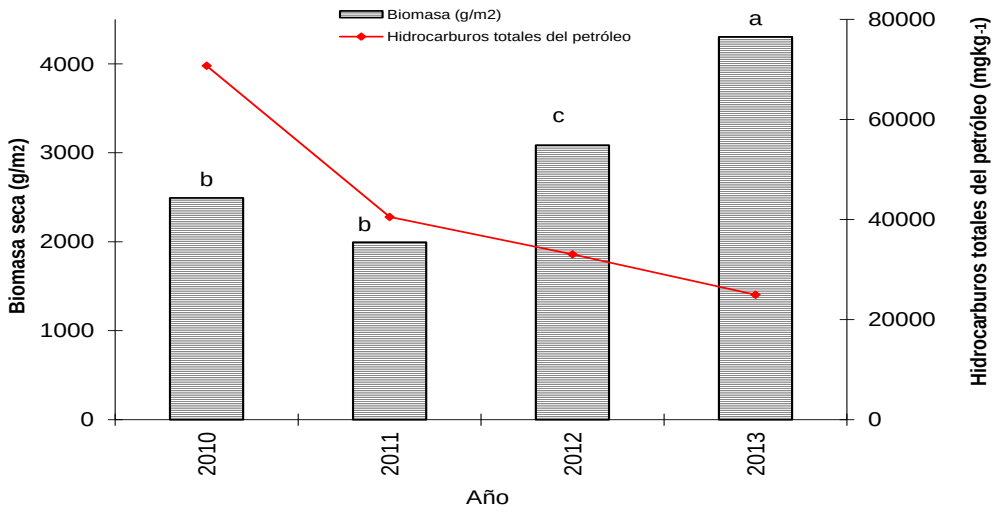


Figura 1. Biomasa seca de flora hidrófita e hidrocarburos totales del petróleo en cuatro años secuenciales (época de sequía)

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento al apoyo a investigación de profesores investigadores 2012-2013 (Clave: 40018).

Bibliografía

Anónimo 2011. Definición y concepto sobre humedales. http.//www. Prodiversitas.bioetica.org. 08/Feb/2011

Arias-Trinidad A., Rivera-Cruz M.C., Aceves-Navarro L.A., Quintero-Lizaola R. 2012. Pasto japonesa (Leersia sp) como especie fitorremediadora en suelos contaminados con petróleo fresco e intemperizado. En: XXXVII Congreso de la Ciencia del Suelo. Zacatecas, Zacatecas México. p. 55-62

Botello, A. V. 2005. Características, composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo. *In:* Botello, A. V., J. Rendón-von Osten, G. Gold-Bouchot y C. Agraz-Hernández (eds). Golfo de México Contaminación Ambiental: Diagnóstico y Tendencia. Univ. Autón. de Campeche, Univ. Autón. de México, Instituto Nacional de Ecología. Campeche, México. pp: 264-265.

Consuegra G.R.C. 2006. NMX-AA-134-SCFI-2006. Suelo - hidrocarburos fracción pesada por extracción y gravimétrico - método de prueba. Dirección de Normalización. SEMARNAT-México. 27 pp.

CONABIO 2009. Manglares de México: Extensión y distribución. 2da. Ed. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 99 p.

Daubenmire R. 1959. A Canopy-Coverage Method of Vegatational Analysis. Northwest Science. 33(1) 43-46.

EPA. 1986. Method 418.1 mod. Petroleum Hydrocarbon, Total Recoverable. Environmental Protection Agency. Spectrophotometric Infrared. 8 pp

Novelo R.A.2006.Plantas Acuáticas de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.Espacios Nturales y Desarrollo Sustentable A.C. (ENDESU). Tlalpan, México D.F. 260 pp.

Manoharachary, C and G.K. Mukerji. 2006. Rhizosphere biology-an overview. En Mukerji GK, Manoharachary C, Singh J (Eds.) *Microbial Activity in the Rhizosphere*. Springer, Berlín, Alemania. pp. 1-15.

Olguin J. E., Hernández M.E., Sanchez-Galvan G. 2007. Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. Rev. Int. Contam. Ambient. 23(3) 139-154.

Rivera-Cruz M. del C. 2011. Flora y microflora rizosferica del plátano: indicadores de perturbación causada por petróleo e inundación. Agro región 5(51) 12-15.

SAS (Statistical Analysis System). 2005. *User's Guide, Version 9.1.3*. SAS Institute, Inc. Cary, NC. 664 pp.

ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN DE LA BIOTA POR ANTIBIÓTICOS EN DOS CUENCAS LECHERAS DE PUEBLA, MÉXICO

Rodríguez Hernández, V.1*; Hidalgo López, J.2

1. Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Puebla, México
2. P.M.V.Z. BUAP. Puebla, México.
rodriguezjv@colpos.mx

Resumen

El uso de antibióticos para la prevención, tratamiento y control de enfermedades en el ganado lactante, ha propiciado un incremento mundial de la producción lechera, pero su manejo inadecuado trae como resultado la contaminación de la leche con residuos de los mismos, lo cual representa un serio problema para la salud pública y la industria láctea. La presencia de residuos de antibióticos, generan una alteración en la composición y en las características organolépticas de la leche, lo cual tiene como consecuencia la pérdida de la inocuidad alimentaria. Puebla es uno de los principales estados productores de leche que no está atendiendo esta problemática en cuanto a la presencia de residuos de antibióticos en leche, así mismo como los daños que se generan a la salud pública. El propósito de este trabajo fue determinar la presencia de residuos de antibióticos en leche cruda de 6 establos de las cuencas lecheras de chipilo y Atlixco Puebla, México. Se analizaron 120 muestras en total usando como método, el principio de acidificación de la leche por parte de la bacteria Bacillus stearothermophilus var. Calidolactis, la cual es una prueba de inhibición de crecimiento bacteriológico con una alta sensibilidad a la detección de una gran variedad de antibióticos. Los resultados encontrados muestran un total de 36 (30%) muestras positivas a residuos de antibióticos, las restantes 84 (70%) fueron negativas. El uso de antibióticos en leche manifiesta problemas a la salud pública causando reacciones alérgicas, intoxicaciones y resistencia bacteriana al consumir leche contaminada con dosis subterapeuticas.

Palabras clave: inocuidad, antibióticos, residuos, calidad, resistencia.

Introducción

La leche es un producto universal que por su elevado valor nutritivo y alta digestibilidad es de gran importancia en la alimentación humana. Por tal razón su control higiénico-sanitario debe realizarse en forma cuidadosa por las instancias competentes (Sumano y Ocampo, 1995).

El uso de antibióticos como agentes quimioterapéuticos, es a causa de una gran variedad de enfermedades que afectan al ganado lechero, en las cuales encontramos a la mastitis, la cual es una enfermedad que causa cuantiosas pérdidas económicas, por el uso de tratamientos a base de antimicrobianos y bajas constantes en la producción. Se estima que el 26.5% de las vacas sacrificadas en el continente americano se atribuye a trastornos ocasionados por la mastitis (Wolter et al., 2004).

El impacto de la mastitis va junto con la leche, más allá de las puertas de la explotación lechera. Los cambios en la composición de la leche (reducción de calcio, fósforo, proteína y grasa, e incrementos de cloro y sodio) reducen la calidad e inocuidad, así como se alteran todas las características organolépticas de la misma (Dániza M. y col 2009).

Además, los antibióticos utilizados en el tratamiento de la mastitis son una preocupación industrial y de salud pública importante, ya que la presencia de residuos de antibióticos en la leche interfiere con el proceso de fabricación de muchos productos lácteos (quesos y otros productos fermentados). Los sabores indeseables reducen el valor de los productos lácteos y la presencia de bajos niveles de antibióticos puede causan problemas de salud a los consumidores (Carreto, 2005).

Algunos antibióticos como la penicilina, estreptomicina, tetraciclina y eritromicina, son frecuentemente usados en el tratamiento de enfermedades infecciosas en los animales domésticos, también se utilizan para mejorar el rendimiento productivo de estos, por lo que, en años recientes, se han convertido en una preocupación para los investigadores por su uso indiscriminado, haciéndose necesaria su detección e identificación en los productos y subproductos de origen animal destinados al consumo humano (Gutiérrez, 1993).

El consumo antibiótico β-lactámicos puede producir reacciones adversas como: erupciones maculopapulares, urticariana, fiebre, broncoespasmo, vasculitis, dermatitis exfoliativa, síndrome de Stevens-Johnson y anafilaxia (Goodman y Gilman, 2007). En el ser humano las tetraciclinas ejercen su efecto sobre un número grande de bacterias gram positivas y negativas, aerobias y anaerobias, micoplasmas, ricketsias, clamidias y espiroquetas, que frecuentemente originan resistencia. Las reacciones adversas consisten en irritaciones digestivas por administración oral: molestia por dolor epigástrico y abdominal, náuseas, vómitos y diarreas. También pueden producir fotosensibilidad por exposición cutánea al sol, toxicidad hepática o renal. En niños que reciben dosis elevadas por períodos de tiempo corto o largo pueden producir manchas oscuras en los dientes. Es posible que deprima el crecimiento óseo en lactantes prematuros, con efecto reversible si la exposición fue breve (Dániza M. y col 2009).

En México las autoridades sanitarias suelen desatender en sus programas de control los efectos nocivos a largo plazo que pueden presentar muchas sustancias y esto favorece su uso ilegal e indiscriminado. Mientras en otros países tienen aproximadamente 40 años con programas oficiales de control de residuos, en los alimentos., En México son prácticamente inexistentes y por desgracia el nivel técnico-científico cuando menos a lo que a residuos se refiere, es poco estudiado (Acacia y col, 2001). Así mismo en el estado de puebla no hay información acerca de la cantidad de residuos de antibióticos presentes en la leche comercializada.

El objetivo del presente estudio fue determinar los residuos de antibióticos en leche de vacas de la cuenca lechera de Chipilo y Atlixco Puebla.

Materiales y Métodos

Descripción del área de estudio

La localidad de Chipilo se localiza en la parte centro- oeste del estado de Puebla. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 19o19´18” y 98o22´24” de longitud occidental, con una mediana altura sobre el nivel del mar (msnm) de 1240 metros. Así mismo cuenta con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. (Enciclopedia de los municipios de México, 1999).

El municipio de Atlixco se localiza en la parte centro Oeste del estado de Puebla. Tiene una altitud promedio de 1840m sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son los paralelos 18º 49` 30" y 18º 58` 30" de latitud norte y los meridianos 98º 18` 24" y 98º 33` 36" de longitud occidental. El municipio colinda al Norte con el municipio de Tanguismanalco, al Noreste con los municipios de Santa Isabel Cholula y Ocoyucan, al Suroeste con el municipio de Atzitzihuacan, al Sur con los municipios de Huaquechula y Tepeojuma, Sureste con el municipios de San Diego la Meza Tochimiltzingo, al Este con la Ciudad de Puebla, y al Oeste con el municipio de Tochimilco.

Tamaño y distribución de la muestra

El estudio se realizó en los municipios de Chipilo y Atlixco Puebla utilizando un análisis de muestreo simple aleatorio y el tamaño de la muestra fue determinado mediante la fórmula descrita por Wayne, (1999).

$$n = \frac{z^2 p}{E2}$$

Donde, para el tamaño de la muestra (n= 120), el nivel de confianza (z) fue del 95 %, con un error máximo tolerable (E) de 0.07 y una prevalencia esperada (p) del 20 %.

La distribución de las muestras se realizó de manera proporcional entre los 6 establos muestreados, de la región de Chipilo y Atlixco.

El numero de establos se determino en base a la disponibilidad de los ganaderos que accedieron a colaborar para el presente estudio.

En la cuenca lechera de Atlixco solo quedan en la actualidad 5 establos, y en Chipilo el numero de establos es mayor, pero se homogenizaron las muestras en base a los permisos establecidos por los ganaderos

Obtención y procesamiento de las muestras

La leche se colecto directamente de la ubre de las vacas, colectando 10 ml, de leche por vaca de cada establo muestreado.

Posteriormente todas las muestras fueron refrigeradas en una hielera para su conservación y transporte al laboratorio Ciencia y Tecnología Aplicada S.A. de C.V www.cytalabs.com

Prueba en el laboratorio

El test utilizado es un método microbiológico basado en el crecimiento del Bacillus stearothermophilus (var. Calidolactis) en ausencia de β-lactámicos y es visualmente clasificado dentro de 3 categorías: negativa, errónea, y positiva, comparado con los colores del positivo y negativo de muestras estándares (Althaus, et al 2003).

Análisis estadístico

Los datos se procesaron mediante estadística descriptiva, reportándose los promedios y porcentajes en cuadros utilizando el paquete estadístico Statistical Package for the Social Science (SPSS)

Resultados y discusión

Se analizaron 120 muestras de leche cruda en la cuenca lechera de Chipilo y Atlixco Puebla, de las cuales, 36 resultaron positivas, representando el 30% mientras que las 84 muestras restantes (70%) fueron negativas. De esta manera se confirma que existe un porcentaje significativo en residuos de antibióticos.

El nivel de contaminación de leche cruda con residuos de antibióticos del 30% obtenidos en la presente investigación, resulta perjudicial para la salud humana, así lo corrobora Veisseyre (1980), quien afirma que la ingestión de leche con penicilina puede provocar una antibioresistencia con infecciones ulteriores complicadas en los lactantes que la ingieren. De igual modo, se encuentran marcadas diferencias con los reportes de Technical Management Communications (1991), en Grecia y Dinamarca donde 2,0 y 0,0035% de muestras de leche son positivas a residuos de antibióticos. Estos resultados son inferiores a los nuestros, debido, entre otros factores, al control estricto y a las condenas y/o castigos impuestos a la leche contaminada en dichos países. Así mismo los criterios de rechazo y/o castigo de la leche con antibióticos en países como Alemania es considerada no detectable. En Bélgica, la penicilina a menos de 0,004 mg/mL, España rechaza con 0,004 mg/mL.

Agradecimientos

Trabajo financiado por el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla (CONCYTEP).

Conclusiones

De las 120 muestras se encontró un 30% con residuos de antibióticos, lo que significa que el productor no respeta los tiempos de retiro, después de tratar las diferentes patologías que presenta el ganado bovino. Así mismo el consumo de leche contaminada genera un gran daño a la salud pública, lo cual provocara resistencia bacteriana en enfermedades de los infantes y adultos.

Se han iniciado estudios de contaminación a nivel del recurso biota suelo, forraje, agua, por agentes antimicrobianos así como químicos y sus repercusiones en la salud publica.

Bibliografía

Acacia Ramírez*, R. Gutiérrez*, Clementina González*, Irma Escobar*, G. Castro*, G. Díaz* y M. Noa* Detección de antibióticos en leche comercializada en la ciudad de México Dela Revista: Rev. Salud Anim. Vol. 23 No. 1 (2001): 37-41

Althaus, R. L., Torres, A., Montero, A., Balasch, S., Molina, M. P.Detection Limits of Antimicrobials in Ewe Milk by Delvotest Photometric Measurements. J. Dairy Sci., 2003, vol. 86, n° 2, p.457-4

Carreto L. Impacto de la presencia de antibióticos en leche. Procedente del 5º Taller Panamericano de Laboratorios Lácteos; Nov. 2005 1-5; Colonia Suiza, Montevideo.

Dániza M. Guerrero A1, Rodrigo Motta G2, Gerardo Gamarra B3, Elena R. Benavides R3, Mirtha Roque A3, y María E. Salazar S. Detección de residuos de antibióticos β-lactámicos y tetraciclinas en leche cruda comercializada en el callao. Ciencia e Investigación 2009; 12(2): 79 82 Facultad de Farmacia y Bioquímica UNMSM 2009.

Goodman y Gilman 2007. Bases Farmacológicas de la 3. Terapéutica. 11ª ed. Editorial Mc Graw Hill. NY, Noa-Lima E, Noa M, González D, Landeros P y Reyes W. Evaluación de la presencia de residuos de antibióticos y quimioterapéuticos en leche en Jalisco, México. Rev Salud Anim. v.31 n.1 La Habana ene.-abr. 2009.

Gutiérrez, G. C. 1993. Estudio de residuos de antibióticos en leche. Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco.

Sumano, L. H., Ocampo, C. L. Bases farmacológicas de la vigilancia de residuos de fármacos en productos de origen animal. Vet. Mex. 1995, vol. 26, n° 3, p. 175-181

Wayne, W. D. 1999.: Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud. 3ª. Edic. Edit. Limusa. México D.F.

Wolter et al., 2004 Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera.

ESTUDIO POBLACIONAL DE LA FAUNA DE UN FLUVISOL RESTAURADO POR DERRAME DE PETRÓLEO CRUDO

Trujillo-Narcía A.[1,2*], Rivera-Cruz M.C.[1], Lagunes-Espinoza L.C.[1], Palma-López D.J.[1], Soto-Sánchez S.[1], Ramírez-Valverde G.[3], Dorantes-Avelino R.[4]

[1]Colegio de Postgraduados *Campus* Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México.
[2]Universidad Popular de la Chontalpa. H. Cárdenas, Tabasco, México.
[3]Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Texcoco, edo. México, México.
[4]Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica. Poza Rica, Veracruz, México.

*atrujillonarcia@hotmail.com, mariari@colpos.mx. Periférico Carlos A. Molina s/n, km 2.5, H. Cárdenas, Tabasco, México. CP 86570

Resumen

Se realizó un estudio de la modificación de la estructura y densidad poblacionales de la fauna de Fluvisoles contaminados con petróleo crudo y restaurados con tecnología física y química. Se colectaron por triplicado núcleos superficiales de suelos testigo y restaurados, se tamizó y se realizó la búsqueda de los diferentes grupos. Los resultados muestran que la fauna del suelo no recuperó su condición original existente antes del derrame del petróleo. Las hormigas y los isópodos fueron los más afectados, ambos grupos pueden ser utilizados como bioindicadores para la medición de la calidad de la restauración.

Palabras clave: Contaminación; hormigas; isópodos

Introducción

La fauna del suelo está constituida por la microfauna (< 0.2 mm de tamaño), mesofauna (0.2 a 4 mm), macrofauna (4 a 80 mm) y por la megafauna (> 80 mm) (Gobat *et al*., 2004). Las funciones ecológicas de la fauna en el suelo incluyen la relación presa-depredador, saprófagos, granívoros, formación de galerías para mejorar la aireación, fragmentación de tejidos animales y vegetales y la descomposición-acumulación de materia orgánica del suelo. La fauna del suelo participa en los ciclos biogeoquímicos de los elementos nutritivos para las plantas (Porta *et al*., 2003; Gobat *et al*., 2004), de manera que contribuyen en la sustentabilidad del edafoecosistema. La fauna es un bioindicador de la calidad del suelo. Los cambios ambientales originan modificaciones de la estructura poblacional de la fauna del suelo (Paoletti, 1999; Maila y Cloete, 2005; Manzo *et al*., 2008). La inclusión de bioindicadores presentes en suelos contaminados con petróleo puede contribuir para el establecimiento de criterios para medición de la eficiencia de la restauración de suelos contaminados con petróleo, de modo que la normatividad ambiental mexicana (NOM-138-SEMARNAT/SS-2008) no sólo incluya el criterio de la concentración máxima permisible de las diferentes fracciones del petróleo crudo. El objetivo fue identificar las modificaciones poblacionales de la fauna de un suelo restaurado por derrame de petróleo comparado con el suelo testigo aledaño.

Materiales y Métodos

Ubicación del sitio

El sitio estudiado se localiza en la Ranchería Los Cedros, municipio de Cunduacán, Tabasco. Las coordenadas geográficas del suelo testigo son 18° 03' 19.5" latitud norte y 93° 03' 23.4" longitud oeste y las del restaurado 18° 03' 20.9" latitud norte y 93° 03' 20.8" longitud oeste. El suelo restaurado posee rasgos morfológicos diferentes a los correspondientes al testigo, ya fue descrito

en un estudio (Trujillo-Narcía *et al*., 2012). El suelo fue contaminado por un derrame de petróleo crudo ocurrido en junio de 2006 y fue restaurado en 2008 mediante tratamiento físico químico, sin embargo aún contiene niveles altos de hidrocarburos totales del petróleo (HTPs) (Trujillo-Narcía *et al*., 2012).

Etapas del estudio

El estudio se realizó durante tres etapas secuenciales (Figura 1). Primer etapa, selección de los sitios, excavación y descripción de los perfiles agrológicos (Munsell Products, 1973; Cuanalo, 1990), extracción de los núcleos superficiales del suelo (0.3x0.30x0.25 m) (Anderson e Ingram, 1993) por triplicado en cada suelo. Segunda etapa, fragmentación manual de los núcleos de suelo, tamizado del suelo en tamices metálicos ASTM con diferente abertura: no. 70 (0.212 mm), no. 40 (0.425 mm), no. 12 (1.0 mm) y no. 10 (2.0 mm) y búsqueda de fauna; tercer etapa: conteo e identificación de grupos de la fauna (Figura 1).

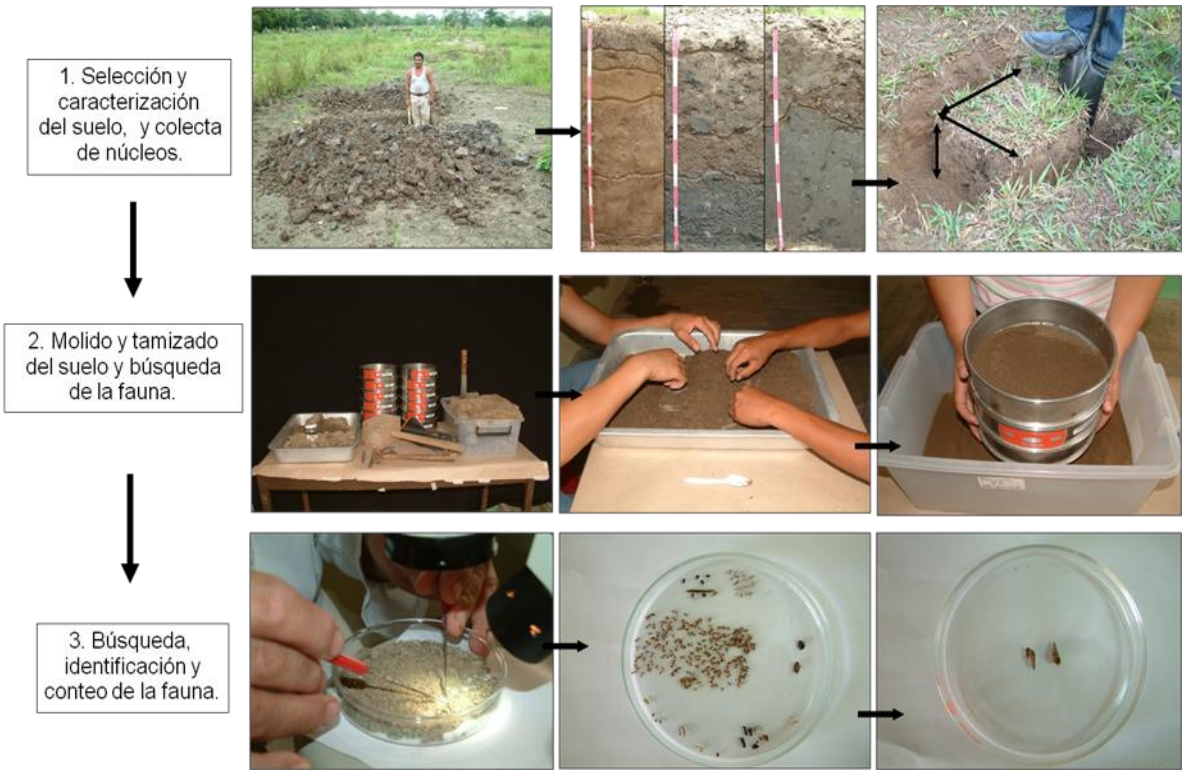


Figura 1. Flujograma de actividades en campo y en laboratorio.

Selección del sitio de muestreo de los núcleos de suelo

Se utilizó muestreo dirigido en función de la densidad y diversidad de la flora y al espesor de la capa superficial del suelo restaurado. Se seleccionaron tres suelos: el testigo, con flora diversa constituida por 25 especies e inalterada, la biomasa vegetal seca promedio de tres repeticiones varió de 778 a 1,293 g m^{-2}. Suelo restaurado 1, limita la diversidad y el crecimiento vegetal, sólo crece una especie no cultivada de pasto (*Cynodon* sp), la biomasa vegetal seca promedio fue 17.9 g m^{-2} y la primera capa tiene 10 cm o menos de espesor. El restaurado 2 tiene HTPs y la primera capa el espesor es 47 cm, se encontraron 14 especies vegetales pertenecientes a las familias Poaceae (*Cynodon* spp, *Echinochloa* sp, *Paspalum* spp y *Setaria* sp), Cyperaceae (*Cyperus* spp) y Fabaceae (*Alysicarpus* sp, *Cassia* sp, *Crotalaria* sp, *Desmodium* sp y *Mimosa* spp) con una biomasa seca de 207 g m^{-2} (Jiménez *et al*., 2010; Trujillo-Narcía *et al*., 2012).

Época de colecta de núcleos de suelo

La colecta de los nueve núcleos del suelo se realizó durante el periodo de lluvia (junio).

Análisis estadístico

Los datos de humedad del suelo, de cantidades de HTPs y de resistencia a la penetración (Trujillo-Narcía *et al*., 2012) se correlacionaron con la población de cada grupo de la fauna del Fluvisol inalterado y del restaurado.

Resultados y Discusión

Las estructuras de las poblaciones de la fauna de los suelos testigo y restaurados (Figuras 2 y 3) muestran diferencias tanto en grupos como individuos de cada grupo. La fauna es abundante y diversa en el suelo testigo, en cambio, en el suelo restaurado disminuyó de manera severa. Las hormigas y los huevos de hormigas (Hymenoptera) fue el grupo más numeroso en el suelo testigo, el segundo está constituido por los isópodos. Los cambios microambientales originados por los HTPs, por los productos adicionados durante la restauración química, la disminución de la humedad del suelo y el aumento hasta 8.2 Mpa de la resistencia a la penetración (Trujillo-Narcía *et al*., 2012) pueden explicar que conjuntamente forman condiciones desfavorables para el establecimiento de fauna en el suelo de los seis núcleos colectados en los suelos restaurados. Se ha reportado que las lombrices, cochinillas, miriápodos, ácaros, coleópteros, tisanuros y otros grupos de invertebrados son sensibles a los efectos de estrés ambiental (Paoletti *et al*., 1991; Paoletti, 1999), la respuesta es la disminución de la densidad poblacional. Los resultados muestran que la fauna del suelo fue menor en el suelo restaurado (Figura 3) comparado con las poblaciones del suelo durante el periodo de lluvias y se relacionó con la cantidad de petróleo (r^2=0.92**). La humedad del suelo testigo favoreció la presencia de poblaciones grandes y diversas de la fauna en el suelo testigo (r^2=0.89**) pero en suelo restaurado fue severamente inhibida y la correlación fue baja (r^2=0.3). En cuanto al efecto de la resistencia a la penetración también se identificó que disminuyó la población y las correlaciones fueron negativas en todos los grupos de la edafofauna.

Conclusiones

Las poblaciones y diversidad de la fauna disminuyeron en el suelo restaurado por efecto de la presencia de HTPs, por la disminución de la humedad y por la mayor dureza del suelo. La fauna del suelo fue sensible a la alteración del suelo. Las hormigas y los isópodos fueron los más sensibles, se sugiere que sean utilizados como bioindicadores de la calidad de restauración de Fluvisoles contaminados con petróleo crudo.

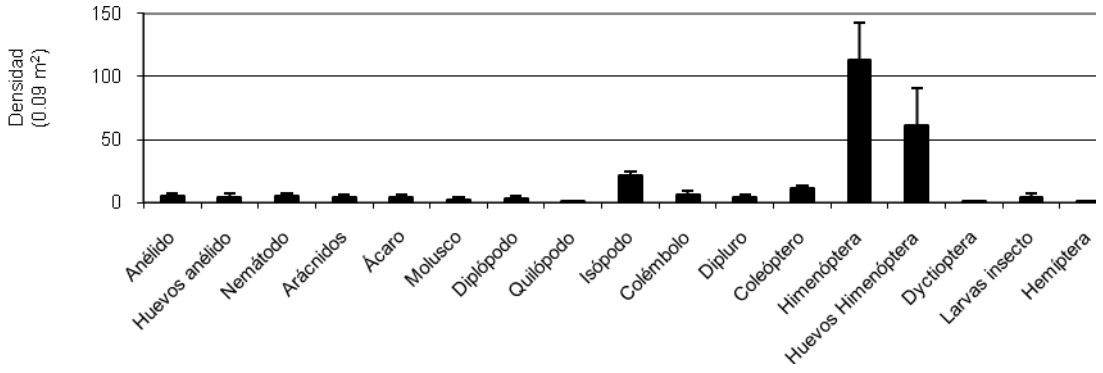


Figura 2. Densidad poblacional de diferentes grupos de la fauna en el suelo testigo, n=3.

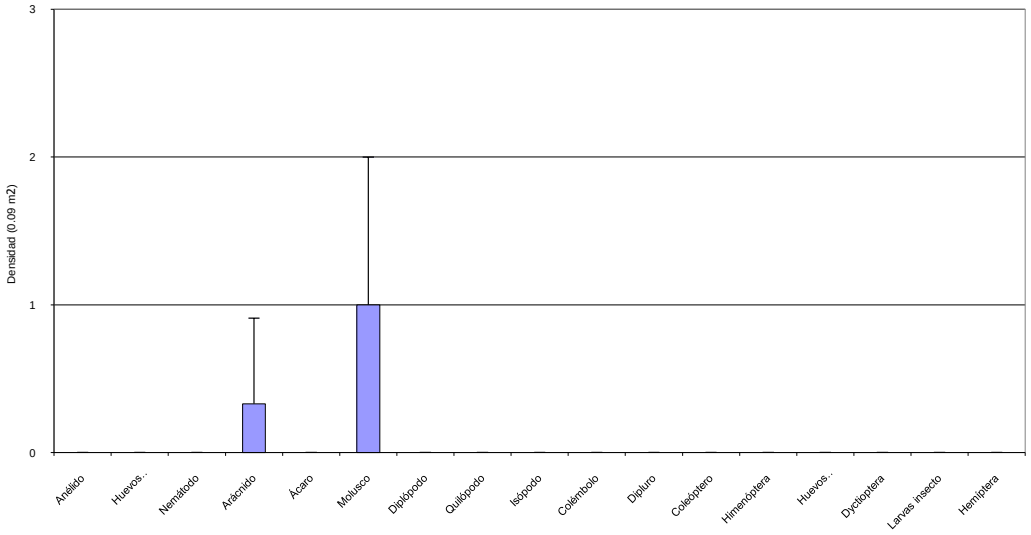


Figura 3. Densidad poblacional de diferentes grupos de la fauna en el suelo restaurado, n=3.

Agradecimientos

El primer autor agradece el financiamiento de Fondos Mixtos CONACyT-Gobierno del Estado de Tabasco, igualmente el apoyo financiero del Fideicomiso Revocable de Administración e Inversión convocatorias 2009 y 2010 otorgado por el Colegio de Postgraduados. Al Sr. Rubén Sánchez Torres, propietario del predio, por las facilidades para el muestreo de los núcleos en su terreno.

Bibliografía

Anderson M.J., Ingram I.J.S. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: a Handbook of Methods. 2nd CAB International. Wallingford, UK. 221 p.

Cuanalo de la C.H. 1990. Manual para la descripción de perfiles de suelo en campo. Tercera edición. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 40 p.

Gobat J.-M., Aragno M., Matthey W. 2004. The Living Soil. Fundamentals of Soil Science and Soil Biology. Science Publishers, Inc. New Hampshire, USA. 602 p.

Jiménez L.G., Rivera-Cruz M.C., Trujillo-Narcía A., Magaña A.M.A. 2010. Estudio de la flora en suelo restaurado por fuga de petróleo en Cunduacán, Tabasco. En: Memoria XXII Reunión Científica-Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2010. Villahermosa, Tabasco. pp. 232-242

Maila M.P., Cloete T.E. 2005. The use of biological activities the removal of fuel contaminants – perspective for monitoring hydrocarbon contamination: a review. International Biodeterioration and Biodegradation 55: 1-8

Manzo S., Nicola F. De, Luca P.F. de, Maisto G. 2008. Assessment of the effects of soil PAH accumulation by a battery of ecotoxicological tests. Chemosphere 71: 1937-1944

Munsell Products. 1973. Munsell Soil Color Charts. Baltimore, Maryland, USA.

Paoletti M.G., Favretto M.R., Stinner B.R., Purrington F.F., Bater J.E. 1991. Invertebrates as bioindicator of soil use. Agriculture Ecosystems and Environment 34: 341-362

Paoletti M.G. 1999. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. Agriculture Ecosystems and Environment 74: 1-18

Porta J., López-Acevedo M., Roquero C. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3a. ed. Mundi-Prensa. Bilbao, Esp. 849 p.

Trujillo-Narcía A., Rivera-Cruz M.C., Lagunes-Espinoza L.C., Palma-López D.J., Soto-Sánchez S., Ramírez-Valverde G. 2012. Efecto de la restauración de un Fluvisol contaminado con petróleo crudo. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 28: 361-374.

CONTENIDO DE METALES EN SUELOS AGRÍCOLAS EN DOS ZONAS DEL MUNICIPIO DE PUEBLA.

Aguirre Díaz, I. S.[1], Cruz Montalvo, A.[2*], Tamariz Flores, J. V. R.[2], Castelán Vega, R.C.[2] Ruiz Careaga, J.A.[2]

[1]Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México
[2]Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas, Instituto de Ciencias, Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México

*Autor responsable: abcruz38@hotmail.com; Avenida 14 sur Núm. 6303, Col. San Manuel, Puebla, Puebla. México. CP 72570; Tel. +52(222)-229-5500 (ext. 7354)

Resumen

El crecimiento de las zonas urbanas en el estado de Puebla, México, ha reducido las zonas agrícolas provocando un mayor deterioro del suelo. En el municipio de Puebla existe una superficie de 561.35 km^2 y la velocidad de crecimiento de las zonas urbanas es alrededor de 1.5 ha cada día, ocasionando una fuerte presión sobre los recursos naturales y consecuentemente un fuerte cambio en el uso del suelo. Esto ha producido una alteración en las propiedades de los suelos, entre otros factores debido al empleo de agroquímicos y al uso de aguas residuales no tratadas, lo que incrementa la cantidad de metales adicionada a los suelos. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de metales pesados en suelos de dos zonas del municipio de Puebla, una localizada al norte con influencia industrial y otra al sur, donde la mancha urbana es el principal factor de presión. Para este fin, en el norte del municipio se tomaron 5 muestras y en el sur 10 muestras. En 7 de los sitios muestreados en la zona sur se han aplicado biosólidos. Las muestras se prepararon para el análisis y se les determinó la cantidad total de metales mediante extracción ácida en horno de microondas y se determinó la cantidad de metal extraíble con DTPA de acuerdo a la NOM. Los metales se determinaron mediante espectrometría de Absorción Atómica. Los resultados obtenidos muestran que ninguno de los metales analizados rebasa los límites permisibles por las normativas mexicanas. En el caso de los suelos a los que se han aplicado biosólidos tampoco se encontró que los contenidos sobrepasen los límites permitidos.

Palabras clave: Biosólidos; metales; Puebla

Introducción

El municipio de Puebla tiene la cuarta ciudad más importante de México, capital del estado de Puebla, por su tamaño poblacional y presencia económica. En el municipio de Puebla se cuenta con una superficie de 561.35 km^2 y la velocidad de crecimiento de las zonas urbanas es de alrededor de 1.5 has cada día (Ayuntamiento de Puebla, 2007). Este crecimiento ha provocado una fuerte presión sobre los recursos naturales del municipio, lo cual ha generado un fuerte cambio en el uso del suelo. En la figura 1 se observan algunos cambios del periodo que va de los años de 1976 al 2000.

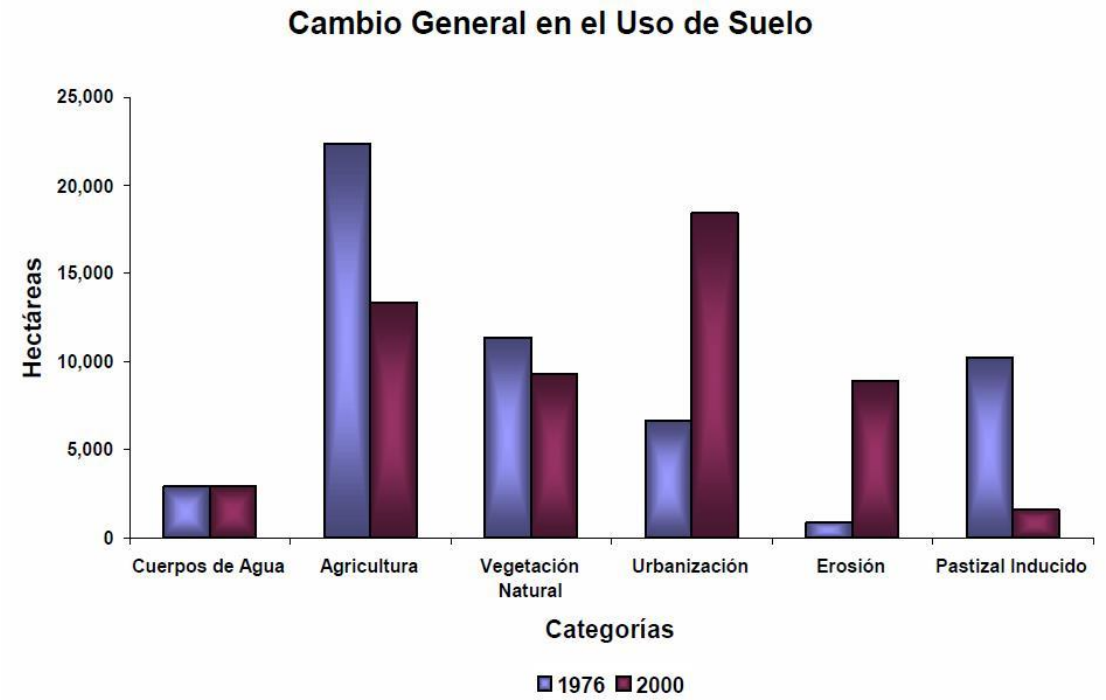


Figura 1. Cambio en uso del suelo del Municipio de Puebla, periodo 1976-2000.
Fuente: Ayuntamiento de Puebla, 2007. Tomo 1, pág.136.

De la misma forma la presión sobre la cantidad y la calidad del agua hizo necesaria la instalación de cinco plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) las cuales empezaron a funcionar desde el año de 2002 (Huerta, 2010). Las PTAR generan como subproducto 150 m^3 de biosólidos diariamente. Los biosólidos por su alto contenido en materia orgánica y nutrientes representan una alternativa al uso de fertilizantes, cuyo costo se ha elevado enormemente en México. En consecuencia, desde los años 2002-2003 se han aplicado biosólidos sobre todo en suelos de la zona sur del municipio, los cuales por el excesivo uso al que habían sido sometidos disminuyeron fuertemente su productividad; la aplicación de biosólidos ha logrado un aumento en esos suelos de 500 kg/ha a 3 t/ha (Huerta, 2010). La aplicación de estos subproductos se regula actualmente por las normas oficiales mexicanas NOM-004-SEMARNAT-2002 y NOM-052-SEMARNAT-1993. Sin embargo, además de los componentes benéficos que se adicionan con estos materiales, también se adicionan elementos no-esenciales, compuestos orgánicos persistentes y microrganismos nocivos para las plantas, animales y el ser humano (Iwegbue et al, 2007). Entre los elementos esenciales y no-esenciales se encuentran los metales los cuales son añadidos a los suelos en diferentes cantidades dependiendo de la composición de los biosólidos. Los metales Fe, Cu, Mn, Zn son considerados como esenciales pero también se agregan elementos traza que son de preocupación en el ambiente como Cd, Cr, Hg, Pb, Ni, entre otros (Basta *et al*, 2005). Pero aun cuando la carga de metales totales que se aplican a los suelos es importante, muchos investigadores han señalado que la solubilidad del metal y su biodisponibilidad son aspectos de mayor relevancia (Basta *et al*, 2005; Bai *et al*, 2012; O'Connor *et al*, 2005).

Materiales y Métodos

La zona de estudio se localiza en el municipio de Puebla (Figura 2), ubicada geográficamente entre los paralelos 18°50' y 19°14' de latitud norte y los meridianos 98°01' y 98°18' de longitud oeste, con una altitud de 2160 msnm. Ocupa el 1.6% de la superficie del estado con una población total de 1 485 941 habitantes.

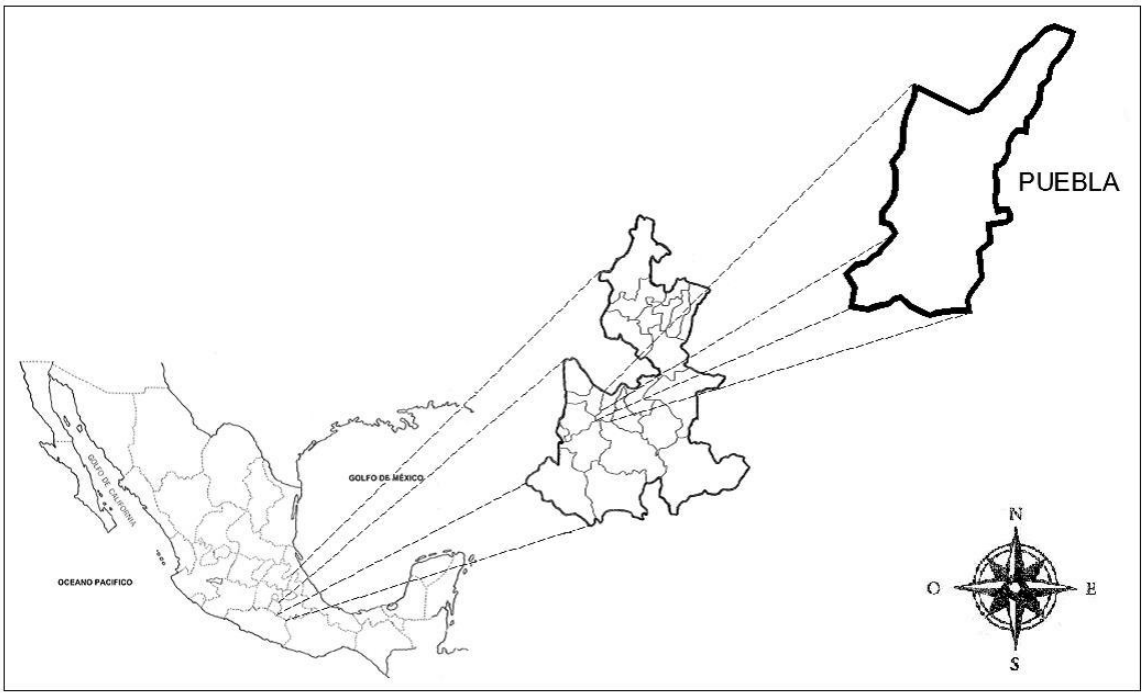


Figura 2. Localización de la zona de estudio

El muestreo de los suelos se realizó en las zonas norte y sur del municipio, localizando suelos de uso agrícola. Tanto el muestreo como el análisis se realizaron en conformidad con la NOM-021-RECNAT-2000. En la zona norte se tomaron 5 muestras compuestas, a partir de 12 muestras simples las cuales se mezclaron y se homogenizaron para la conformación de cada muestra compuesta. Todas las muestras fueron superficiales (0-30 cm) usando la nomenclatura de MN-1 hasta MN-5. Un muestreo similar se realizó en la zona sur, pero en este caso se tomaron 10 muestras compuestas (MS-1 hasta MS-10). En este caso, sólo las muestras MS-2, 4 y 10 provenían de suelos a los que no se han aplicado biosólidos. Las muestras se secaron, se molieron en mortero de ágata, cuando fue necesario, y se tamizaron en un tamiz de malla 20 de acero inoxidable. Para la determinación de los metales totales se realizó una digestión ácida con HCl y HNO3 en un horno de microondas tomando como base el método propuesto por McGrath y Cunliffe (1985). Así mismo se determinó la cantidad de metal extraíble con DTPA de acuerdo a la norma oficial mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Los metales determinados fueron Fe, Cu, Mn, Zn, Pb y Cd y la determinación se realizó mediante espectrometría de Absorción Atómica.

Resultados y Discusión

En las tablas 1 y 2 se muestran los resultados del análisis de metales totales para las dos zonas estudiadas. En las muestras de la zona norte los valores hallados se encuentran dentro de los rangos considerados como normales en suelo y, desde, luego, no llegan a las concentraciones consideradas como críticas en suelos (Alloway, 1990; Kabata-Pendias y Pendias, 2001).

Tabla 1. Contenido (ppm) de metales pesados totales en la zona norte						
Muestra	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cd
MN-1	5250	7	93	44	25	6
MN-2	8096	9	296	51	23	1
MN-3	9934	5	257	37	17	1
MN-4	5033	2	170	28	10	1
MN-5	5380	7	243	33	27	1
Valor promedio	**6739**	**6**	**212**	**39**	**20**	**2**

Para el caso de la zona sur (tabla 2) los valores promedio de todos los metales se incrementan con respecto a los valores de la zona norte, esto puede deberse a que, como se mencionó anteriormente, en casi todas las muestras (excepción las 2, 4 y 10) son suelos donde se han aplicado biosólidos. A pesar de este incremento todos los suelos presentan concentraciones que se encuentran dentro de los rangos normales para suelos, sin embargo, en el caso del Cu, Zn, Pb y Cd, existen sitios que caen en el rango de concentraciones críticas en los suelos. Este aspecto amerita un monitoreo de estos suelos para que no se produzca una situación de toxicidad para los cultivos o de peligro para la salud animal y humana, ya que aunque la cantidad total del metal no es tan importante como su disponibilidad, la acumulación de los metales representa un riesgo potencial si cambiaran las condiciones fisicoquímicas del medio.

Tabla 2. Contenido (ppm) de metales pesados totales en la zona sur						
Muestra	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cd
MS-1	12010	8	273	41	20	2
MS-2*	15660	16	266	73	30	1
MS-3	12760	23	305	150	25	5
MS-4*	9100	10	201	31	10	1
MS-5	17790	70	379	220	90	5
MS-6	4410	93	207	336	100	6
MS-7	13990	83	345	300	70	4
MS-8	9920	35	292	157	40	4
MS-9	11880	97	236	386	60	3
MS-10*	11480	9	339	46	30	2
Valor promedio	**11900**	**44**	**284**	**174**	**48**	**3**

En la tabla 3 se presentan los resultados de los metales disponibles extraídos con DTPA para la zona norte. Al comparar los valores con la clasificación de la NOM-021 se observa que para el caso de los micronutrientes los valores entran en el rango de adecuados, mientras que para el caso del Pb y del Cd, los valores se encuentran dentro del rango normal. Por lo que las concentraciones de los metales disponibles no representan riesgo en esa zona.

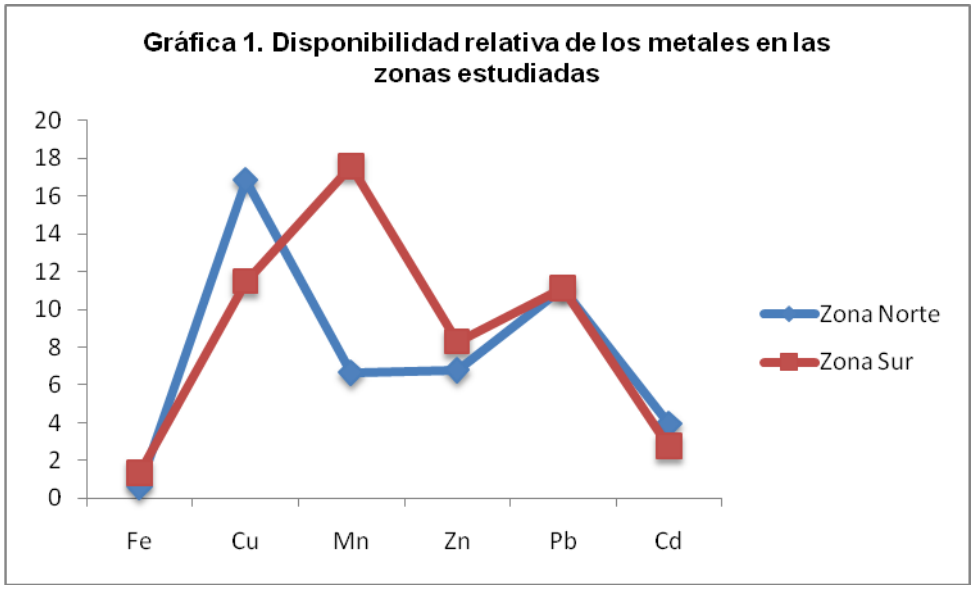
Tabla 3. Contenido (ppm) de metales pesados disponibles (DTPA) en la zona norte						
Muestra	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cd
MN-1	34	1.4	14	4	5	0.1
MN-2	38	1.3	8	5	2	0.06
MN-3	39	0.7	7	2	1	0.04
MN-4	27	0.4	9	1	1	0.08
MN-5	51	1.1	18	2	3	0
Valor promedio	**37.8**	**0.98**	**11.2**	**2.8**	**2.4**	**0.06**

En cuanto a los valores encontrados para los metales disponibles en las muestras tomadas en la zona sur (tabla 4) se encuentra un comportamiento parecido a la zona norte. Al comparar los valores con los valores que establece la NOM, los micronutrientes caen dentro de los valores que entran en el rango de adecuados en los suelos y tanto Pb como Cd entran en el rango normal. Sin embargo, al comparar los promedios de metales disponibles en ambas zonas, se observa que a excepción del Cd, todos los metales restantes presentan un incremento notable en los suelos. Al parecer la aplicación de los biosólidos en la zona sur es la causa principal del aumento de la disponibilidad de los metales.

Tabla 4. Contenido (ppm) de metales pesados disponibles (DTPA) en la zona sur

Muestra	Fe	Cu	Mn	Zn	Pb	Cd
MS-1	111	0.9	85	2.7	2.2	0.06
MS-2*	22	5.7	46	6.5	4.8	0.09
MS-3	291	0.2	69	7.6	1.9	0.04
MS-4*	1.9	0.4	17	0.7	1.1	0.04
MS-5	319	0.2	36	7	5.9	0
MS-6	291	1.4	21	47.2	10.1	0.16
MS-7	121	9.9	93	46.8	12.1	0.02
MS-8	29	6.9	82	21.1	6.3	0.12
MS-9	59	16.9	40	46.4	6.9	0.04
MS-10*	7	1.1	15	0.8	1.3	0.06
Valor promedio	**125.2**	**4.4**	**50.4**	**18.7**	**5.3**	**0.06**

Al calcular las disponibilidades relativas ((cantidad metal disponible/cantidad metal total)x100) de los metales en las dos zonas (gráfica 1) se aprecia un aumento en este parámetro para el Fe, Mn y Zn en la zona sur, mientras que lo contrario sucede para el Cu, Cd y Pb, que presentan valores bastante similares. Es de considerar el caso del manganeso que presenta el mayor aumento en la disponibilidad relativa de todos los metales analizados.



Conclusiones

Las cantidades de metales totales y disponibles encontradas en los sitios estudiados no representan, hasta el momento, riesgo para los cultivos, sin embargo, en el caso de los sitios en los que se han agregado biosólidos es necesario un monitoreo de estos elementos, ya que existe un incremento tanto en la cantidad de metales como en su disponibilidad relativa, por lo que es recomendable una vigilancia tanto sobre la cantidad de biosólidos que se agreguen a los suelos como en la carga de metales que se adicionan con estos materiales.

Bibliografía

Alloway,B.J. 1990. Heavy Metals in Soils. Blackie and Son Ltd.

Ayuntamiento de Puebla, 2007. Programa Municipal de Desarrollo Urbano Sustentable de Puebla. Tomos 1, 2, 3.

Bai, S., S. Srikantaswami, V. Krishnanandan, and O.P. Naik. 2012. Speciation of heavy metals in biosolids of wastewater treatment plants at Mysore, Karnataka, India. Environ. Monit. Assess. 184:239-249.

Basta, N.T., J.A. Ryan and R.L Chaney. 2005. Trace element chemistry in residual-treated soil: key concepts and metal bioavailability. J. Environ. Qual. 34:49-63.

Huerta, C. M. 2010. Aplicación de biosólido como mejorador de suelo y fuente de nutrientes para el maíz. En: El origen del agua en Puebla, Gil, M. R. (ed.) SOAPAP, Gob. del estado de Puebla.

Iwegbue, C.M.A., F.N. Emuh, N.O. Isirimah and A.C. Egun. 2007. Fractionation, characterization and speciation of heavy metals in composts and compost-amended soils. Afr. J. Biotech. 6:67-78.

Kabata-Pendias, A. and H. Pendias. 2001. Trace elements in Soils and Plants. 3rd ed. CRC Press.

McGrath, S.P. and C.H. Cunliffe. 1985. A simplified method for the extraction of the metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb. Cr, Co and Mn from soils and sewage sludges. Sci. Food. Agric. 36:794-798.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, Protección Ambiental. Lodos y Biosólidos. Diario Oficial de la Federación 15 Agosto 2003.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación 28 de octubre de 2002.

Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-1993. Características de Residuos Peligrosos. Diario Oficial de la Federación 22 octubre 1993.

O'Connor, G.A., H.A. Elliot, N.T. Basta, R.K. Bastian, G.M. Pierzynski, R.C. Sims and J.E. Smith Jr. 2005. Sustainable Land Application: An Overview. J. Environ. Qual. 34:7-17.

RIZORREMEDIACIÓN DE SUELO AGRÍCOLA CONTAMINADO CON PETRÓLEO CRUDO USANDO PLANTAS DE MAÍZ

Díaz Tapia, A.1; Jiménez Salgado, T.2; Carcaño Montiel, M2.; García Torres, A2.; Mauricio Gutierrez A.; Tapia Hernández, A.2*

[1]**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ingeniería Química**
[2] **Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. CICM-ICUAP Puebla, Puebla. México.**

*Autor responsable: armando.tapia@correo.buap.mx; Calle: B San Claudio Núm. S/N Edificio 103J Ciudad Universitaria, Col. Sn Manuel Puebla, Puebla. México. CP: 72570; Tel. +52(222)-2 295500 ext 2558.

Resumen

La contaminación por hidrocarburos es un problema ambiental grave que produce daños a ecosistemas terrestres y acuáticos. En los últimos años el uso de plantas y microorganismos para la limpieza de suelo contaminado ha ganado gran interés. En el presente trabajo se evaluó el comportamiento de las plantas de maíz inoculadas con bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum brasilense*) y bacterias productoras de surfactantes (*Serratia marcescens*), para la rizodegradación de los hidrocarburos en suelo agrícola contaminado con petróleo crudo, proveniente de Tepeaca, Puebla. Los experimentos se realizaron en invernadero con semillas de maíz criollo. Se determinaron las propiedades fisicoquímicas del suelo no contaminado y contaminado, y el contenido de hidrocarburos totales de petróleo (HTP´s). Se evaluó el efecto de la inoculación la germinación de las semillas de maíz y sobre la biomasa de las plantas después de 45 días de siembra en suelo contaminado y suelo contaminado.

Los resultados del análisis fisicoquímico, mostraron que hay una disminución en algunos parámetros en suelos contaminado en comparación al suelo no contaminado. Se observó que la presencia del hidrocarburo retrasó la germinación y el desarrollo de la plantas, aunque en algunos casos se presentó un ligero incremento en el porcentaje de germinación. La inoculación de bacterias no mejoró el desarrollo de plantas, sin embargo, incrementó la degradación de los hidrocarburos, particularmente cuando se inoculó la bacteria productora de biosurfactante, degradando hasta el 47.8% de HTP´s. Lo que sugiere que la inoculación de bacterias promotoras del crecimiento o degradadoras de hidrocarburos puede incrementar la eficiencia de la fitorremediación.

Palabras clave: Fitorremediación; Rizodegradación; Azospirillum

Introducción

El petróleo y sus derivados son los principales contaminantes de los ambientes marinos y terrestres, la mayor contaminación se produce durante la extracción y transporte, los derrames ya sea de forma accidental, por tomas clandestinas en los ductos o por ruptura de estos por otras causas como la falta de mantenimiento o por eventos naturales. Algunos hidrocarburos del petróleo son difícilmente biodegradables. Los compuestos de petróleo pueden penetrar a la biosfera a través de la filtración y erosión (Eweis B *et al* 1999). Los suelos contaminados con hidrocarburos, presentan algún tipo de degradación causada por derrames de petróleo y aún cuando fuera en concentraciones muy bajas, el suelo agrícola se ve seriamente afectado en su fertilidad. Lo grave es que algunos suelos contaminados contienen concentraciones de hidrocarburos por encima de la norma permitida (NOM-138-SEMARNAT 2003) lo que tiene, como consecuencia, una reducción notable de la capacidad para producir alimentos. Debido a esta problemática ambiental, se han buscado nuevas tecnologías que sean amigables con el ambiente y económicamente factibles, como son la biorremediacion.

La biorremediación, es el uso de organismos vivos para degradar compuestos orgánicos y remediar suelos contaminados. Es una tecnología emergente que se encarga de la atenuación o transformación de contaminantes en el agua, suelo y atmosfera. (Walter W 2008)

El éxito de la biorremediación depende de varios factores como son la capacidad de los organismos para degradar a los contaminantes orgánicos, el contenido de arcilla, la oxigenación, la disponibilidad de nutrientes y del contaminante para los microorganismos.

Dentro de la biorremediacion existe una técnica, la fitorremediación, la cual es una tecnología alternativa en donde se utilizan plantas que interactúan con los microorganismos desde la rizósfera y pueden absorber y transformar total o parcialmente a los contaminantes en compuestos menos tóxicos. Las aplicaciones en la fitorremediación incluye la extracción de contaminantes del suelo o de las aguas subterráneas, disminución de la concentración de los contaminantes en el tejido de la planta, la degradación de los contaminantes por diversos procesos bióticos o abióticos; volatilización o transpiración de los contaminantes volátiles por medio de las plantas a la atmósfera, inmovilización de los contaminantes en la zona de la raíz ,control de agua subterránea contaminada y la degradación microbiana de contaminantes, activada o mejorada por la presencia de la rizósfera, denominada como rizodegradación (EPA/600/R-99/107, 2000). Este grupo de fitotecnologías reúne un gran número de ventajas, especialmente la limpieza y la economía; no utilizan reactivos químicos peligrosos, ni afectan negativamente a la estructura del suelo, sólo aplican en prácticas agrícolas comunes; además, el proceso se realiza *'in situ'* evitando altos costos en transporte (Cunningham *et al* 1995).

En el presente trabajo se evaluó, en invernadero, la disminución del contaminante y el comportamiento de las plantas de maíz inoculadas con un biofertilizante comercial BIOFERTIBUAP, que contiene bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Azospirillum* y una cepa bacteriana productora de biosurfactante degradadora de hidrocarburos *Serratia marcescens*. El suelo agrícola contaminado con petróleo crudo se tomó de un predio de la zona de Tepeaca impactado por un derrame de petróleo crudo debido a una toma clandestina.

Materiales y Métodos

El suelo fue recolectado de un predio agrícola contaminado por el derrame de petróleo crudo por toma clandestina en el municipio de Tepeaca Puebla (19° 00´76.2” N 97° 54´50.0”W), el suelo no contaminado (SNC) se recolectó en el mismo lugar, pendiente arriba del punto de fuga. El suelo se caracterizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021.SEMARNAT 2002 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudio, muestreo y análisis. El contenido de hidrocarburos totales de petróleo (HTP´s) fracción pesada en el suelo contaminado con petróleo (SCP) y SNC se determinó al inicio y al final del experimento por gravimetría utilizando el Método EPA 1664.

Inoculación de Cepas Bacterianas en las Semillas de Maíz

La inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras del crecimiento vegetal se realizó con producto comercial BIOFERTIBUAP para maíz, producido por el laboratorio de Microbiología del Suelo CICM-ICUAP, el cual es un inoculante multicepa de *Azospirillum brasilense*. La cepa HCBUAP-11b de *Serratia marcescens* fue aislada de suelo contaminado, es productora de sustancias con actividad tensoactiva (Ricaño A. 2009), pertenece a la colección del mismo laboratorio. Las semillas de maíz criollo fueron proporcionadas por productores de la región.

Las semillas se inocularon siguiendo las recomendaciones del biofertilizante BIOFERTIBUAP. La cepa bacteriana productora de biosurfactantes, se propagó en caldo nutritivo a 32 °C con agitación a 150 rpm por 36 h (10^8 UFC/ml). El inoculo se preparó con turba estéril, como soporte, en una relación de 2:1.Se usaron macetas con capacidad de 500 g, se sembraron cinco semillas en cada una y se emplearon diez unidades por tratamiento, todas las macetas se mantuvieron en invernadero con iluminación natural y temperatura de 25 °C el riego se realizó cada dos días con agua destilada. Los tratamientos que fueron ensayados se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos Aplicados en los Ensayos**.**

Tratamiento	Suelo Contaminado con Petróleo (SCP)	Suelo no Contaminado (SNC)
T0	Sin Planta	Sin Planta
T1	Sin Inocular	Sin Inocular
T2	Inoculada/Fijadoras de Nitrógeno	Inoculada /Fijadoras de Nitrógeno
T3	Inoculada/ Bacteria Surfactante	Inoculada/ Bacteria Surfactante
T4	Inoculada/Fijadoras de Nitrógeno/ Bacteria Surfactante	Inoculada/ Fijadoras de Nitrógeno / Bacteria Surfactante

Porcentaje de Germinación y Análisis de Biomasa de la Planta Raíz

Se evaluó la germinación de las semillas cada tres días durante 15 días y después de 45 días después se evaluó el crecimiento de la planta y raíz: tamaño del tallo, tamaño de la raíz, grosor del tallo, peso fresco de la planta, peso seco de la planta, peso fresco de la raíz y peso seco de la raíz Los resultados se analizaron aplicando una prueba ANOVA.

Resultados y Discusión

En el cuadro 2 se muestran los resultados de las propiedades fisicoquímicas del suelo limpio y suelo contaminado**.** El incremento en el pH del suelo contaminado (cuadro 2) no fue lo suficiente como para alterar su clasificación. Arroyo y Quesada (2004) indican que valores de pH del suelo entre 6 y 8 son adecuados para la actividad microbiana y el proceso de biorremediación, por lo que, la variación presentada en el suelo contaminado por petróleo crudo no afectaría el desarrollo de las plantas ni de los microorganismos.

Cuando los hidrocarburos, poco polares y sin carga, cubren el suelo, se interrumpe la interacción entre las partículas del suelo y los iones, reduciendo la capacidad para retenerlos (Roy y McGill, 1998). Lo que puede explicar, la disminución en el contenido de nitrógeno y fósforo en el suelo contaminado (cuadro 3), esta observación coincide con lo reportado por Issoufi R *et al* (2005).

Debido a la composición del petróleo, cuando se derrama sobre el suelo, puede causar la inmovilización de nutrimentos esenciales, especialmente nitrógeno y fósforo, resultando en interacciones antagónicas entre las plantas y los microorganismos.

El incremento en el contenido de materia orgánica observado en el suelo contaminado (cuadro 2) se debe a la suma de materia biogénica (descomposición de vegetales y animales) y materia petrogénica (petróleo), pero dicho aumento se debe al material petrogénico y no al biogénico, ya que la cuantificación es a través del contenido de carbono orgánico total (Martínez V. y López F 2001).

Porcentaje de germinación.

En la figura 1 se puede observar que el porcentaje de germinación no se incrementó por la inoculación de las semillas, así también se observó un retraso de germinación siendo más notorio en los tratamiento con suelo contaminado, probamente a los efecto fitotóxicos y al estrés hídrico producido por los hidrocarburos. Por otro lado, se observó un incremento en la germinación en suelo contaminado sin inoculación (T1SCPSI) y en suelo contaminado inoculado con bacterias fijadores de nitrógeno (T2SCP+BFN), esto ha sido observado por Pérez y col. 2012 que sugieren que el efecto sea debido a los productos de la biodegradación de los hidrocarburos en especial de algunos poliaromáticos, tal es el caso del naftaleno, que en su ruta de biodegradación se produce ácido salicílico,(Bamforth, S. M and Singleton.I. 2005) que es una sustancia similar a una fitohormona que modula la respuesta a diversos estreses abióticos(Baninasab y col 2013).

Cuadro 2. Propiedades Fisicoquímicas de los Suelos Analizados

Parámetro	Suelo no contaminado (SNC)	Interpretación	Suelo Contaminado con Petróleo (SCP)	Interpretación
C.I.C. Cmol(+)/ kg	**14.35**	Medio	**13.14**	Medio
Materia Orgánica %	**1.4**	Medianamente Pobre	**7.05**	Extremadamente Rico
Textura	**Migajón Arenoso**	Migajón Arenoso	**Migajón Arenoso**	Migajón Arenoso
pH	**6.07**	Medianamente Acido	**6.35**	Medianamente Acido
Nitrógeno Total %	**0.081**	Medianamente Pobre	**0.01**	Pobre
Fósforo Extraíble ppm	**6.4**	Bajo	**4.1**	Bajo
Conductividad eléctrica dS/m	**0.87**	Normal	**0.21**	Normal

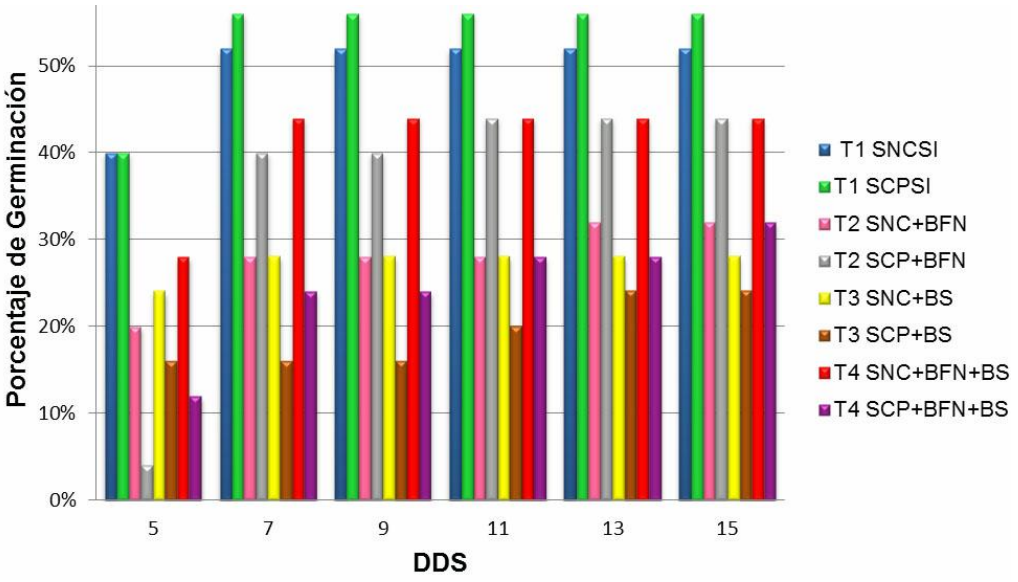


Figura 1 Porcentaje de germinación de semillas de maíz en, Suelo no contaminado (SNC), Suelo Contaminado con Petróleo DDS= Días Después de la Siembra (SCP),T1SI=Semillas sin Inoculación, T2+BFN= Semillas Inoculadas con Bacterias Fijadoras de Nitrógeno, T3+BS=Semillas Inoculadas con Bacteria Surfactante T4+BFN+BS= Semillas Inoculadas con Bacteria Fijadoras de Nitrógeno y Bacteria Surfactante. Los valores son la media de 5 repeticiones

Evaluación del crecimiento de las plantas de maíz

Las plantas de maíz, a los 45 días de desarrollo, mostraron diferencias entre el testigo y los tratamientos de suelo contaminado, en los distintos parámetros evaluados (cuadro 3). Sin embargo, la longitud de la raíz del T3SL presentó un incremento significativamente mayor al T3SCP y T4 en ambos suelos pero no mostro diferencias estadísticas al resto de los tratamientos. La longitud de la raíz en suelo contaminado fue mayor en el tratamiento inoculado con biofertilizante (T2SCP) respecto a aquellos en los que no se inoculó o se empleó inoculación mixta.

El crecimiento y desarrollo de las plantas de maíz en suelo contaminado se redujo respecto aquellas que crecieron en suelo no contaminado, esto se pudo deber al estrés que sufrieron por la presencia del hidrocarburo y al efecto de fito-toxicidad de algunos compuestos presentes en el petróleo crudo (Adam G y Duncan H 1999) Se observó que la retención de agua disminuyó notoriamente (dato no mostrado) lo que puede ocasionar que las plantas presentes estress hídrico y a que los hidrocarburos formaron sobre la raíz una capa hidrofóbica, lo que limitó la absorción de

agua y nutrimentos, aun cuando otros reportes señalan efectos positivos por la presencia de algunos compuestos aromáticos como el antraceno (Pérez B *et al* 2011).

Determinación de Hidrocarburos Fracción Pesada

En el cuadro 4 se observa una disminución notable en la contaminación del suelo tratado en comparación con la muestra inicial (MI), que obtuvo un valor de 32,970 mg/kg. Se observa además, que el T1 difiere estadísticamente con los demás tratamientos. El tratamiento que mostro la mayor degradación del petróleo crudo fue el T3, degradándolo hasta un 47.8%. Existen reportes donde se demuestra que las poblaciones de microorganismos presentes en el suelo son capaces de degradar hidrocarburos (Eliora Z y Eugene R. 2002).Los resultados muestran que; en presencia de las plantas de maíz se favorece la degradación del hidrocarburo, sin embargo en los tratamientos en los cuales se realizó una rizoaumentación, la degradación se incrementó (cuadro 4). Se ha descrito que en la rizósfera se incrementa la actividad de los microorganismos debido a los exudados radicales y esto favorece la degradación de los contaminantes orgánicos (Zakia D.*et al* 2005), esto favorece la degradación de los contaminantes orgánicos (Zakia D.*et al* 2005),

Cuadro 3. Efecto de la Inoculación de Bacterias Fijadoras de Nitrógeno, Bacterias Surfactantes Después de 45 Días del Crecimiento de las Plantas de Maíz

Tratamiento	Base Seca mg/kg	% de Degradación
MI	32,970^{c}	0
T0SCPSP	32,527^{c}	1.4
T1SCPSI	24,877^{b}	23.5
T2SCP+BFN	19,009^{a}	42.4
T3SCP+BS	17,237^{a}	47.8
T4SCP+BFN+BS	17,775^{a}	46.1

Cuadro 4. Determinación de Hidrocarburos Fracción Pesada en Suelo Después de 45 Días del Crecimiento de Plantas de Maíz.

	Planta			Raíz		
T	**AT(cm)**	**PFPA(g)**	**PSPA(g)**	**LR(cm)**	**PFR(g)**	**PSR(g)**
T1SNCSI	**11.7**±6.2^{c}	**2.2±**0.9^{b}	**0.2**±0.1^{b}	**27.6**±20.5^{bc}	**1.4**±0.9^{bc}	**0.2**±0.1^{a}
T1SCPSI	**6.5**±1.7^{ab}	**0.7**±0.3^{a}	**0.1**±0.16^{a}	**17.0**±6.2^{ab}	**1.1**±0.4^{abc}	**0.3**±0.08^{a}
T2SSNC+BFN	**9.6**±2.8^{abc}	**2.1**±1.1^{b}	**0.3**±0.1^{b}	**24.1**±7.6^{abc}	**1.7**±0.7^{c}	**0.3**±0.1^{a}
T2SCP+BFN	**5.7**±1.6^{ab}	**0.9**±0.4^{a}	**0.1**±0.07^{a}	**20.9**±10.0^{abc}	**1.0**±0.5^{abc}	**0.1**±0.1^{a}
T3SSNC+BS	**10.7**±2.8^{bc}	**2.0**±1.0^{b}	**0.2**±0.1^{b}	**36.7**±12.6^{c}	**0.8**±0.3^{abc}	**0.2**±0.1^{a}
T3SCP+BS	**5.8**±0.75^{ab}	**0.6**±0.2^{a}	**0.1**±0.03^{a}	**16.2**±2.7^{ab}	**0.6**±0.2^{ab}	**0.2**±0.1^{a}
T4SNC+BFN+BS	**9.6**±1.7^{abc}	**0.5**±0.1^{a}	**0.2**±0.1^{a}	**13.5**±3.13^{ab}	**0.6**±0.1^{a}	**0.2**±0.1^{a}
T4SCP+BFN+BS	**5.1**±2.0^{a}	**0.3**±0.1^{a}	**0.1**±0.05^{a}	**9.1**±2.7^{a}	**0.4**±0.2^{a}	**0.2**±0.1^{a}

Altura de Tallo **(AT)**, Longitud Raíz**(LR)**, Peso Fresco Parte Aérea **(PFPA)**, Peso Seco Parte Aérea **(PSPA)**,Peso Fresco Raíz**(PFR)**, Peso Seco Raíz**(PSR).**Suelo **no contaminado (SNC),**Suelo Contaminado con Petróleo **(SCP),T1SI**=Semillas sin Inoculación, **T2+BFN**= Semillas Inoculadas con Bacterias Fijadoras de Nitrógeno**, T3+BS**=Semillas Inoculadas con Bacteria Surfactante **T4+BFN+BS**= Semillas Inoculadas con Bacteria Fijadoras de Nitrógeno y Bacteria Surfactante. Los valores son la media de 5 repeticiones seguido de su desviación estándar, valores con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey (P= 0.05),

Conclusiones

Los hidrocarburos producen cambios importantes sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo, materia orgánica, pH, nitrógeno, fosforo, capacidad de intercambio catiónico y conductividad eléctrica. La germinación de las semillas de maíz criollo empleado se vio afectada por la contaminación.

La inoculación de las semillas no favoreció el crecimiento de las plantas de maíz en los suelos contaminados. Las bacterias fijadoras de nitrógeno y las bacterias surfactantes realizaron un mejor desempeño inoculadas separadas, en la germinación y crecimiento de la plantas de maíz. Las plantas de maíz inoculadas con las bacterias, mostraron una mejor degradación

Bibliografía

Adam, G., and Duncan, H.1999. Effect of Diesel Fuel on Growth of Selected Plant Species. Environmental Geochemistry and Health 21, 353–357.

Arroyo M., Rogel M., Quesada J. Ma. 2004. Aplicación de sistemas de Biorremediación de Suelos y Aguas Contaminadas por Hidrocarburos. GEOCISA. Div. Protección Ambiental de Suelos, 297-305.

Bamforth, S. M and Singleton.I. 2005. Bioremediation of polycyclic aromatic hydrocarbons: current knowledge and future directionsJ Chem Technol Biotechnol 80:723–736

Baninasab, B. and Baghbanha, B.M..2013. Influence of salicylic acid pre-treatment on emergence and early seedling growth of cucumber (*Cucumis sativus*) under salt stress Int. J. Plant Production. 7:187-206

Cunningham, S. D., Berti, W.R., and Huang, J.W. 1995. Phytoremediation of Contaminated Soils and Sediments. En Bioremediation:Science and Applications (eds. Skipper, H.D. y Turco, R.F.),145-56, Soil Sci. Soc. Am., Madison.

Eliora Z Ron y Eugene Rosenberg 2002, Biosurfactants and oil bioremediation Elsevier Science Ltd.Current Opinion in Biotechnology. 13:249–252.

EPA/600/R-99/107, 2000, Introduction to Phytoremediation National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency, http://www.cluin.org/download/remed/introphyto.pdf.

Eweis B, Ergas J, Chang P.y Schroeder D,1999. Principios de Biorrecuperación: Tratamientos para la Descontaminación y Regeneración de Suelos Aguas Subterráneas Mediante Procesos Biológicos y Físico-Químicos. Mc Graw Hill 1:1-323.

Nom-021-Semarnat 2002, Establece las Especificaciones de Fertilidad Salinidad y Clasificación De Suelos, Estudios, Muestreo Y Análisis Semarnat).

Issoufi, Rhykerd R, y Smiciklas K 2005 Seedling Growth of Agronomic Crops in Crude Oil Contaminated Soil, Department of Agriculture, Illinois State University. J. Agron. Crop Sci. 192:310-317.

Mueller K.E., and Shann J.R. 2007. Effects of Tree Root-Derived Substrates and Inorganic Nutrients on Pyrene Mineralization in Rhizosphere and Bulk Soil. J. Environ. Qual. 36:120-127.

Martinez V. y Lopez F. 2001, Efectos de los Hidrocarburos en las Propiedades Fisicas y Quimicas de Suelo Arcilloso. terra Lat (19) 9-17.

Pérez-Armendáriz, B; Castañeda-Antonio, D; Castellanos, G; Jiménez-Salgado, T; Tapia-Hernández, A; y Martínez-Carrera, D, 2011, Efecto del antraceno en la estimulación del crecimiento en maíz y frijol Terra Latinoamericana, vol. 29, núm. 1, enero-marzo, 2011, pp. 95-102

Ricaño-Mendoza A., Castañeda-Antonio D., Jiménez-Salgado T. y Tapia-Hernández A. 2010. Uso de residuos agroindustriales en la producción de sustancias con actividad biosurfactante y degradación de aceites En: Ciencias Ambientales: Temáticas para el desarrollo vol. IV ed Ruiz-Careaga A., Castelán-Vega R., Tamaríz-Flores V. y Hernández MA. Fomento editorial BUAP pp 93-97

Roy J y McGill W (1998), Characterization of disaggregated nonwettable surface soils found at old spill site. Can. J. Soil Sci. 78: 331-344.

Walter W. Wenzel 2008, Rhizosphere Processes and Management in Plant-Assisted Bioremediation (Phytoremediation) Of Soils, Springer Science 4:9800-968.

Zakia D. Parrish, M. Katherine Banks, A. Paul Schwab 2005, Assessment of Contaminant Liability During Phytoremediation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Impacted Soil, Elsevier, Environmental Pollution 137:187-197

BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO CONTAMINADO CON DIESEL APROVECHANDO SUSTRATOS RESIDUALES DE Agaricus bisporus (champiñón)

González Sorcia, A.1; Tapia Hernández, A.1; Jiménez Salgado, T.1; López Reyes, L.1; Aguilar Torres, O1; Mauricio Gutiérrez, A.1

[1]**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Instituto de Ciencias, Centro de Investigación en Ciencias Microbiológicas, Lab. de Microbiología del Suelo. Puebla, Puebla. México**

*Autor responsable: armando.tapia@correo.buap.mx; Edificio 103 J 2do. Piso, 14 Sur y Av. San Claudio, Ciudad Universitaria, Puebla, Puebla, México. C.P. 72570, Tel. +52 (222)-229-5500 ext. 2558

Resumen

La actividad petrolera en México ha ocasionado contaminación y dispersión de hidrocarburos en suelos agrícolas un ejemplo de esto es el municipio de Acatzingo, Puebla. El objetivo fue determinar la biodegradación de diésel en un suelo agrícola utilizando sustratos residuales del cultivo del Champiñon (*Agaricus bisporus).* Se realizó un diseño experimental completamente al azar en sistemas batch empleando suelo contaminado con 7039 ppm de diésel y de sustrato al 5, 10, 15 y 20 % (T1, T2, T3 y T4 respectivamente) e incubados por 28 días a 25 y 37 ºC. Se determinó la población inicial y final de hongos y bacterias hidrocarbonoclastos; producción de CO_2 y diesel residual. En todos los tratamientos aumentó la remoción de diesel significativamente ($p \leq 0.05$) a 37 ^{o}C, así como las tasas de producción de CO_2. Los tratamientos con 15 y 20 % de sustrato presentaron el mayor porcentaje de remoción de diesel (68.7 y 60.14 % respectivamente); y con una producción de CO_2 final acumulativa de 9.53 y 10.44 x 10^{-5} mmol. Las poblaciones de hongos se mantuvieron constantes (12.46 a 13.47 LN Ufc g^{-1} suelo seco) para los tratamientos T1 y T4 (5 y 20 % de sustrato), sin embargo disminuyeron significativamente ($p \leq 0.05$) para el resto de los tratamientos. Las bacterias hidrocarbonoclastas aumentaron (15.06 a 20.48 LN Ufc g^{-1} suelo seco) significativamente ($p \leq 0.05$) en todos los tratamientos. Por lo que la actividad de biodegradación de diesel se atribuye a una bioaumentación y bioestimulación por parte del sustrato residual de *A. bisporus*.

Palabras clave: Bioaumentación; bioestimulación; bioreactor

Introducción

En el Estado de Puebla dentro de las principales actividades primarias se encuentran la agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza aportando el 4.93 % del PIB estatal (INEGI, 2009). El municipio de Acatzingo, Pue., es uno de los principales productores agrícolas de la región de cultivos como: maíz, frijol, alfalfa, col, lechuga, nopales, tomate, tuna y zanahoria principalmente (SIAP, 2013). Sin embargo, estas superficies agrícolas se han visto afectadas por el uso intensivo de fertilizantes y plaguicidas químicos, por la irrigación con agua de calidad no controlada, y por derrames de diesel, gasolina o petróleo crudo. Los cuales son transportados a través de ductos que atraviesan los campos agrícolas y que por falta de mantenimiento, tomas clandestinas, transporte así como las condiciones topográficas, orográficas e hidrológicas de la región han llegado a ser factores para generar este tipo de emergencias ambientales.

Por todo esto surge la necesidad de recuperar los suelos agrícolas de esta región debido a que son la fuente principal de subsistencia de los campesinos. Por otro lado, a nivel mundial y en Latinoamérica el hongo comestible que más se cultiva y se produce es *Agaricus bisporus* “champiñón” principalmente por su sabor y propiedades nutrimentales, funcionales y medicinales.

México ocupa el 13º lugar a nivel mundial y es el mayor productor en Latinoamérica de hongos comestibles entre los que destaca "*Agaricus bisporus*" el cual representa una producción nacional del 95.1% (Martínez-Carrera *et al*., 2011). Sin embargo, la alta producción ha traído consigo un problema ambiental importante generando aproximadamente 3.5 millones de toneladas al año de sustratos residuales del hongo (Phan *et al*., 2012), ya que por cada 1 kg de "champiñón" producido se generan 5 kg de sustrato residual (Vásquez-Domínguez, 2010).

Se han sugerido diversas aplicaciones de este sustrato residual en biorremediación, alimentación animal, como recurso energético y sustituto de suelo. Hasta el momento se desconoce la evaluación del sustrato residual de *A. bisporus* en la biorremediación de un suelo agrícola contaminado con diesel, permitiendo ofrecer una alternativa biotecnológica para la restauración de suelos impactados con hidrocarburos.

Materiales y Métodos

Caracterización físico-química y microbiológica en el suelo y sustrato residual de *A. bisporus*.

1. Muestreo

Se realizó un muestreo de suelo blanco o no contaminado con las siguientes coordenadas geográficas 18º 57'01 N 97º 43'40 W en el Municipio de Acatzingo, Puebla, México en base a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Las muestras de sustrato residual de *A. bisporus* fueron donadas por productores locales de la región de Achichica, Puebla

2. Caracterización físico-química

Se llevó a cabo la caracterización físico-química del suelo agrícola y sustrato residual de *A. bisporus* tal como se describe en la NOM-021-SEMARNAT-2000.

3. Análisis microbiológico

Se realizó una caracterización microbiológica del suelo y sustrato residual de *A. bisporus* mediante diluciones seriadas y la técnica de cuenta en placa en medios de cultivo apropiados para cuantificación de poblaciones de bacterias, hongos, actinomicetos y bacterias degradadoras de "diesel" (hidrocarbonoclastas).

Diseño experimental a nivel batch para la evaluación de la relación suelo: sustrato de *A. bisporus* en la remoción de diesel.

Se realizó un diseño experimental completamente al azar en sistemas batch a diferentes dosis de sustrato (5, 10 15 y 20 %) (T1, T2, T3 y T4) con un suelo tindalizado e impactado de manera intencional con 7039 ppm de diesel, e intemperizado por tres meses. Se utilizó como testigos suelo y sustrato de manera individual (T5 (Control 1 Suelo contaminado) y T6 (Control 2 Sustrato residual *A. bisporus*). Para cada tratamiento se emplearon frascos serológicos de 120 ml, con 30 g de la mezcla suelo: sustrato y eran ajustados a una dosis de fertilización de 100:10:1 (C:N:P) usando soluciones estériles de NH_4SO_4 1 N y K_2HPO_4 1 N. A una humedad del 23.8-25.6 % ± 5.23. La atmosfera de los reactores era intercambiada cada tercer día con un flujo de aire (1.8 ml aire/seg) a través de una membrana estéril (0.22 µm), y previamente se evaluó la cantidad de CO_2 producida con NaOH. Además, se determinó la población inicial y final de bacterias y hongos hidrocarbonoclastos de diesel por conteo directo en placa; y se cuantificó el diesel residual de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003 después de 28 días de incubación a 25 y 37 ºC. Todos los experimentos se llevaron a cabo por duplicado.

Resultados y Discusión

En la Cuadro 1 se describen los diferentes parámetros físico-químicos determinados como pH, Conductividad eléctrica (CE), Textura, Humedad, Materia Orgánica (MO), Nitrógeno total (Nt), y fósforo (P).

Cuadro 1. Caracterización físico-química del suelo y sustrato residual de *Agaricus bisporus*.

Muestra	PARÁMETROS							
	pH	C.E. (µS)	Textura (%) arcilla:limo:arena	Humedad (%)	M.O. (%)	Nitrógeno Total (%)	Fósforo (%)	Densidad Real (g/cm_3)
Suelo Blanco	8.01	205	17.4 : 18 : 64.6	17.355	2.04	0.032	0.00256	2.4637
Sustrato	7.26	N.D.	N.D.	190.328	57.625	1.46	0.7906	N.D.

N.D: No determinado

El suelo agrícola de la zona de Acatzingo fue clasificado como franco-arenoso, medianamente alcalino (pH= 8.01), con un 2.04 % de MO, 0.032 % de N y muy bajas concentraciones de fósforo. Además de que presento un porcentaje de humedad bajo comparado con el porcentaje de humedad del sustrato. Por otro lado el sustrato presentó altas concentraciones de MO (57.6 %), N (1.46 %) y P (0.79 %) y un pH neutro (pH=7.26) (ver cuadro1).

Cuadro2. Cuantificación de poblaciones microbianas.

Muestra	Bacterias	Hongos	Actinomicetos	Bacterias hidrocarbonoclastas
	UFC/gss*			
Suelo Blanco	$1.05x10^6$	$2.85x10^3$	$7.86x10^2$	$1.09x10^5$
Sustrato	$5.1x10^7$	$3.58x10^5$	$3.62x10^3$	$6.73x10^3$

N.C: No presento crecimiento

*gss: gramos de suelo seco

De acuerdo a la Cuadro 2 los microorganismos que presentaron mayor población en el suelo blanco y el sustrato residual son el grupo de bacterias que van del orden de 10^6 a 10^7 Ufc/g_{ss}; seguidas de las bacterias degradadoras de hidrocarburos (10^3 a 10^5 Ufc/g_{ss}). En el suelo blanco hubo mayor población cantidad de bacterias totales ($1.05x10^6$ Ufc/g_{ss}) seguido de bacterias hidrocarbonoclastas ($1.09x10^5$ Ufc/g_{ss}), hongos ($2.85x10^3$ Ufc/g_{ss}) y finalmente actinomicetos ($7.86x10^2$ Ufc/g_{ss}). Por su parte, el sustrato residual de *A. bisporus* presento una mayor población de bacterias ($5.1x10^7$ Ufc/g_{ss}) y hongos ($3.58x10^5$ Ufc/g_{ss}), mientras que el grupo de actinomicetos y bacterias hidrocarbonoclastas presentaron el mismo orden (10^3 Ufc/g_{ss}).

Los resultados del porcentaje de remoción de diesel por los tratamientos estudiados, así como la producción CO_2 acumulativo se muestran en la Cuadro3. Todos los tratamientos presentaron una mayor remoción a 37 ºC, el T3 fue el que obtuvo la mayor remoción (68.747 %).no así, con los tratamientos incubados a 25 ºC presentaron un menor porcentaje de remoción, siendo el T5 (Control 1 suelo contaminado) el que presento el menor porcentaje significativamente ($p \leq 0.05$). Los tratamientos con mayor porcentaje de remoción fueron el T3 (68.747 %) a 37 ºC, seguido del T4 a 25 ºC (61.261 %) y T4 a 37 ºC (60.140 %); estos tratamientos no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$). Por el contrario, los tratamientos con menor porcentaje de remoción fueron el T5 (Control 1 Suelo contaminado) a 25 ºC con una remoción del 20.603 %, seguido del T2 a 25 ºC (27.034 %) y el T3 a 25 ºC (29.791 %) sin diferencia significativa ($p \leq 0.05$).

En cuanto a la cuantificación del CO_2 acumulativo al final del experimento observamos de manera general que los tratamientos incubados a 37 ºC produjeron una mayor concentración de CO_2; excepto el T6 (Control 2 sustrato residual) pues disminuyo su concentración. Y las menores concentraciones de CO_2 fueron para los tratamientos incubados a 25 ºC (ver Tabla 3). Los tratamientos que obtuvieron mayor producción de CO_2 fueron el T6 (Control 2) (10.49 mmol x 10^{-5}) a 25 ºC, T4 (10.44 mmol x 10^{-5}) y T2 (10.22 mmol x 10^{-5}) a 37 ºC sin presentar diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Los que mostraron menor acumulación son el T1 (7.34 mmol x 10^{-5}), T2 (7.38 mmol x 10^{-5}) y T3 (8.17 mmol x 10^{-5}) a 25 ºC los cuales son iguales significativamente ($p \leq 0.05$).

Cuadro3. Remoción de diésel y producción de CO_2 acumulativo final de los diferentes tratamientos empleando sustrato residual de *Agaricus bisporus*.

Tratamiento	Condición	Remoción de diésel (%)[1,3]	CO_2 acumulativo final (mmol x 10^{-5})	SD[2] (mmol x 10^{-6})
1	25 ^oC	37.177 ^{c,d}	7.34 ^{c}	2.87
1	37 ^oC	48.408 ^{b,c}	9.66 ^{a,b}	5.64
2	25 ^oC	27.034 ^{d,e}	7.38 ^{c}	12.66
2	37 ^oC	40.966 ^{c,d}	10.22 ^{a,b}	2.14
3	25 ^oC	29.791 ^{d,e}	8.17 ^{b,c}	5.74
3	37 ^oC	68.747 ^{a}	9.53 ^{a,b}	5.33
4	25 ^oC	61.261 ^{a,b}	9.83 ^{a,b}	08.60
4	37 ^oC	60.140 ^{a,b}	10.44 ^{a}	4.29
5	25 ^oC	20.603 ^{e}	8.33 ^{a,b,c}	6.34
5	37 ^oC	37.357 ^{c,d}	9.23 ^{a,b,c}	3.46
6	25 ^oC	N.D.[3]	10.49 ^{a}	2.45
6	37 ^oC	N.D.	9.80 ^{a,b}	0

[1]Cada valor representa el promedio de duplicados.
[2]SD: Desviación estándar.
[3]ND: No detectado.
[4]Letras diferentes en la columna indica diferencia estadística significativa de acuerdo a la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 4. Dinámica poblacional de hongos totales y bacterias degradadores de diesel en el sistema de composta.

Tratamiento	1		2		3		4		5		6	
	LN Ufc g^{-1} suelo seco[1]											
Grupo microbiano	T_o[2]	T_f	T_o	T_f	T_o	T_f	T_o	T_f	T_o	T_f	T_o	T_f
Hongos totales[3]	12.76 ^{e}	12.46 ^{d,e}	13.38 ^{b,c,d}	11.67 ^{f}	13.95 ^{b}	10.95 ^{g}	13.47 ^{b,c}	12.78 ^{c,d,e}	0	10.24 ^{h}	16.34 ^{a}	12.10 ^{e,f}
Bacterias degradadoras	15.06 ^{f}	18.04 ^{b}	15.57 ^{e}	20.48 ^{a}	15.96 ^{d,e}	17.70 ^{b}	17.61 ^{b}	16.17 ^{d}	0	12.12 ^{g}	15.60 ^{e}	17.10 ^{c}

[1]Cada valor representa el promedio de duplicados.
[2]T_o, T_f: Tiempo inicial, Tiempo final.
[3]Letras diferentes en la fila indica diferencia estadística significativa de acuerdo a la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

El conteo poblacional microbiano de hongos totales mostró una disminución significativa ($p \leq 0.05$) de la población en todos los tratamientos a excepción del T5 (Control 1 suelo contaminado) (Cuadro4). Los tratamientos que tuvieron mayor población de hongos totales al final del experimento fueron el T4 (12.78 LN Ufc/g), el T1 (12.46 LN Ufc/g) y el T6 (Control 2 Sustrato residual *A. bisporus*) (12.10 LN Ufc/g) sin presentar diferencia significativa ($p \leq 0.05$). Por otro lado, los tratamientos con la menor población de hongos fueron el T5 (Control 1 suelo contaminado) (10.24 LN Ufc/g), el T3 (10.95 LN Ufc/g) y el T2 (11.67 LN Ufc/g) con una diferencia significativa de $p \leq 0.05$.

Respecto a la población de bacterias degradadoras de hidrocarburos (diesel) estás mostraron un aumento en casi todos los tratamientos al final del experimento, con excepción del T4 que se observó una disminución de la población. Las poblaciones bacterianas hidrocarbonoclastas más altas fueron para el T2 (20.48 LN Ufc/g), T1 (18.04 LN Ufc/g) y T3 (17.70 LN Ufc/g); el T2 es mayor significativamente ($p \leq 0.05$) que el T1 y T3. Las poblaciones más bajas las presentó el T5 (12.12 LN Ufc/g), T4 (16.17 LN Ufc/g) y T6 (17.10 LN Ufc/g); estos tratamientos son diferentes significativamente entre sí. Por lo que los tratamientos 3 y 4 al final del experimento presentaron un porcentaje de remoción alto (68.747 y 60.14 % respectivamente) a 37 ^oC; y las de bacterias hidrocarbonoclastas aumentaron significativamente ($p \leq 0.05$), así como la producción de CO_2 (ver

Tablas 3 y 4). Sin embargo, cuando se emplea una alta dosis (20 %) (T4) de sustrato residual de *A. bisporus* existe una competencia de macro y micronutrientes entre las poblaciones microbianas propias del sistema de composta, por lo que las poblaciones de hongos y bacterias disminuyen significativamente ($p \leq 0.05$).

Conclusiones

La remoción de diesel ocurrió a 37 ^{o}C con una dosis de sustrato del 15 %, atribuyendo a la actividad bacteriana esta biodegradación además de que se obtuvieron altas tasas de producción de CO_2 y población microbiana.

El sustrato residual de *A. bisporus* fue una fuente importante de nutrientes y población microbiana para el sistema de composta en la biodegradación de diesel.

Bibliografía

INEGI. (2009). Cuéntame, información por entidad. Recuperado el 23 de Octubre de 2012, de http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/economia/default.aspx?tema=me&e=21

Martínez-Carrera, D., Morales, P., Sobal, M., Bonilla, M., Martínez, W. y Mayett, Y. (2011). Los hongos comestibles, funcionales y medicinales: su contribución al desarrollo de las cadenas agroalimentarias y la seguridad alimentaria en México. Resumen. Puebla, México: COLPOS- UPAEP.

México, SEMARNAT. *Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000, Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis*.

México, SEMARNAT. *Norma Oficial Mexicana NOM-138-SEMARNAT/SS-2003, Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación*.

Phan, C. and Vikineswary S. 2012. Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. *Appl Microbiol Biotechnol*. 96: 863-873.

SIAP. (2013). Recuperado el 24 de Abril de 2013, de http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350

Vásquez-Domínguez, A. N. 2010. Caracterización del residuo del cultivo de A. bisporus y su utilización en dietas para ovinos. (Tesis inédita de Maestría). Montecillo, Texcoco; Estado de México: Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, 1-57

INFLUENCIA DE LA SALINIDAD SOBRE INDICADORES BIOQUÍMICOS Y FISIOLÓGICOS EN NOGAL PECANERO

Luna-Esquivel1, E. [1]; Ojeda-Barrios2, D.[2*]; Sanchez-Chavez3, E.[3]; Ruiz-Anchondo2, T.[2]; Martinez-Tellez2, J.[2]; Guerrero-Prieto4, V.[4]

1 Afiliación de Posgrado/ Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/ Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
2 Afiliación de, Docente e investigador (a) / Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/ Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México.
3 Afiliación de Coordinación de Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Delicias, México.
4 Afiliación de Docente e investigador de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/ Universidad Autónoma de Chihuahua. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

*Autor responsable: dojeda@uach.mx; Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Ciudad Universitaria $^{S}/_{N}$ Campus 1, Chihuahua, Chih. México. CP. 31310. Tel. (614)-439-18-44 ext. 3134

Resumen

Los efectos de la salinidad sobre indicadores bioquímicos y fisiológicos, entre ellos enzimas involucradas en metabolismo oxidativo, aminoácidos y pigmentos fueron investigados en nogal pecanero [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K.Koch]. Por ello se evalúo la respuesta fisiológica y productiva del cultivo en condiciones de salinidad de suelo inducida por sulfatos en agua de riego en la Huerta “Los Nogales” carretera Camargo-Jiménez, Chihuahua. Fueron seleccionados tres niveles de daño foliar: escaso, moderado y severo en base a base a necrosis marginal, clorosis y área seccional del tronco. Mediante la determinación de los niveles de pigmentos, prolina y catalasa mediante la técnica de Uv visible; parámetros fisiológicos: índice área foliar (IAF), contenido relativo agua (CRA). Los resultados muestran un estímulo en la catalasa (de 0.6 uM H_2O_2 reducido X mg proteína a 1.7325 uM H_2O_2 por mg proteína en daño severo) y prolina (2.46 mg/ml para el testigo hasta 13.21 mg/ml en daño severo) por la exposición prolongada a sulfato de calcio, como respuesta ante condiciones de salinidad. Mientras que la concentración de clorofila disminuye significativamente de una concentración 40.65mg/ml a 14.54mg/ml con el incremento de la salinidad en la planta, ocurre lo inverso con la concentración de carotenos se incrementaron significativamente de 7.71 mg/ml a 16.9 mg/ml; mostrando efecto negativo en el contenido relativo de agua e índice de área foliar. Por tanto el grado de salinidad altera fisiológicamente al nogal pecanero afectando su desarrollo, aunado a ello, desencadena mecanismos de respuesta ante estas condiciones de estrés.

Palabras clave: Carya, prolina; catalasa; clorofila; capacidad antioxidante.

Introducción

La producción de nuez pecanera [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K.Koch] es de 96 mil toneladas, de las cuales el Estado de Chihuahua aporta el 61% colocándose como el principal productor de nuez del país (SAGARPA, 2011). Sin embargo en el norte de México predominan suelos de pH alcalino, la evaporación es elevada y existe poca precipitación, las cuales son condiciones propicias para acumulación de sales en el suelo que induce el deterioro de la productividad de los suelos, debido al riego con aguas de mala calidad, manejo de suelos y su fertilidad (Viramontes, 2005). Actualmente los suelos de las huertas nogaleras en el sur del estado de Chihuahua presentan problemas de salinidad, aunado al problema de la extracción de agua para riego en pozos más profundos que da como resultado elevados niveles de sulfatos (FIRA, 2005).

La salinidad de los suelos afecta el metabolismo de las plantas, incrementa el pH del suelo, afectando consigo la nutrición del cultivo y disminuye la capacidad de retención de humedad aprovechable para el cultivo (Grajeda *et al*., 2010). Por lo que la planta es capaz de desencadenar mecanismos de respuesta al estrés salino para disminuir tales efectos; entre ellos: osmoprotección

sintetizando algunos azúcares, compuestos nitrogenados (prolina, poliaminas), incrementa la producción de fitohormonas (ácido ábsícico, etileno). También induce la acumulación de especies reactivas del oxígeno (EROs); estos se producen en las plantas como subproductos durante reacciones metabólicas, como fotosíntesis y respiración (Ahmad *et al*., 2010).

Las respuestas metabólicas de las plantas a la deshidratación son diversas; tal es el caso de la prolina, aminoácido cuya concentración se incrementa notoriamente en condiciones de estrés salino, sequía, en alta o baja temperatura o por deficiencias nutricionales. Se ha encontrado que el contenido de prolina aumenta para actuar como un agente osmótico, protegiendo a la planta de la deshidratación. La acumulación de prolina en hojas está asociada a una constante pérdida de la capacidad de transporte de nitrógeno, lo que pone de manifiesto que la acumulación del aminoácido es un síntoma claro de la respuesta al deterioro por el déficit hídrico y no a una característica adaptiva del valor de supervivencia (Grageda et al., 2010)

Los mecanismos antioxidantes mantienen la homeostasis, dependiendo de la naturaleza de la especie EROs, algunos son altamente tóxicos y rápidamente desintoxicados por diversos mecanismos enzimáticos y no enzimáticos celulares (Apel and Hirt 2004). Los componentes no enzimáticos corresponden a los lípidos solubles y tocoferoles asociados a la membrana, reductores solubles en agua, ácido ascórbico y glutatión y los componentes enzimáticos que incluyen la superóxido dismutasa (SOD), catalasa (CAT), peroxidasa, ascorbato peroxidasa y glutatión reductasa (Ashraf and Harris, 2004; Boguszewska and Zagdańska, 2011; Matías *et al.*, 2007; Mendoza y Rocha*,* 2002, Vega *et al*., 1998) que regulan la desintoxicación EROs, y así reducir la carga oxidativa en las plantas para mantener el funcionamiento normal de la planta bajo condiciones de estrés.

Por ello, el objetivo de la presente propuesta es desarrollar una base de conocimientos que permita interpretar adecuadamente los efectos de la salinidad del suelo en el nogal pecanero. Esta información incluye las funciones de respuesta de los parámetros del suelo de la respuesta fisiológica y productiva del cultivo a las condiciones adversas de salinidad del suelo y sus efectos en el cultivo del nogal pecanero.

Materiales y Métodos

La investigación se realizó en el período de septiembre de 2012, en el municipio de Jiménez, Chihuahua. Se evaluó la Huerta “Los Nogales” propiedad del Sr. Tomás Uriona (carretera Camargo-Jiménez vía Las Pampas, la localidad se encuentra a 28º38’ latitud norte, 106º04’ longitud oeste, a una altitud de 1262m, con 336.5 mm de precipitación anual (SAGARPA, 2011). Los árboles tienen 35 años de edad, se encuentran en marco real (12x12 m) con una densidad de plantación de 70 árboles/ha; de acuerdo con evaluaciones previas se valoró agua de riego con clasificación C4S1 (Gómez, 2009) indica muy alta conductividad eléctrica y puede emplearse cómo agua de riego tomando algunas precauciones (Mite, 2002), el suelo de la huerta presenta una concentración de sulfatos de 357.14 ppm y una conductividad eléctrica de 4.20 mmohs, la textura de suelo es migajón limoso.

Se marcaron 20 árboles en base al área seccional del tronco. Se consideró cómo criterio el grado de daño foliar, necrosis marginal y clorosis, clasificándolo en 3 niveles de daño: escaso, moderado y severo en contraste a un testigo, el muestreo se realizó en la parte media de la rama seleccionada y se muestreo el foliolo de la parte media de la hoja, colectando alrededor de 30 pares de foliolos por muestra. Se valoraron parámetros fisiológicos y bioquímicos. Entre las variables de respuesta se incluyó índice de área foliar, contenido relativo de agua (CRA). Empleando la técnica de Uv visible se cuantifican pigmentos, específicamente carotenos y clorofila total, también se realizó la cuantificación de prolina y catalasa para asociar la afectación del nogal por sales.

Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza empleando el modelo completamente al azar con un total de 4 tratamientos y 4 repeticiones. Los datos obtenidos fueron analizados con el programa estadístico SPSS y método de diferencia significativa Tukey; Finalmente, los niveles de significancia fueron representados por * a $P<0.05$ y N.S. como no significativo.

Resultados y Discusión

La salinidad provoca diversos efectos perjudiciales que afectan tanto al suelo agrícola como a las plantas (González, 2001) ademas incrementa el pH de suelo, lo cual afecta la nutrición del cultivo y repercute en el metabolismo de las plantas (Casasierra *et al.,* 2000).

Las variables de respuesta: índice de área foliar, contenido relativo de agua, clorofila, carotenos, prolina y catalasa mostraron alto nivel de correlación en relación al daño en el ánalisis de varianza.
El índice de área foliar nos muesta que el daño severo y moderado fueron estadísticamente semejantes, se presentó un valor medio de 18.97 cm^2, estadísticamente semejante al IAF del daño moderado, un valor de 24.07cm^2 para daño escaso y estadísticamente diferentes con respecto al testigo el cual dio un valor de 29.01 cm^2 . En terminos generales se presenta un decremento del área foliar de un 35% al observar daño por sales en el IAF. Esto resultados coincide en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum L*) en donde el IAF decreció significativamente cuando la salinidad se incrementó de 3 a 21 dS·m- (Lesmes *et al.,* 2007). La reducción del crecimiento foliar a partir de 60 mM NaCl indica que la expansión del área foliar es un parámetro muy sensible al estrés salino (Walker y Bernal, 2008).

El contenido relativo de agua (CRA) es la expresión utilizada para medir el nivel de agua de un tejido con respecto al total de agua que éste puede almacenar y asociado al potencial hídrico; al igual que el IAF el CRA se vio afectado negativamente con el incremento del nivel de daño, el testigo y el daño escaso son estadísticamente similares, 77 y 67% respectivamente en cuanto a daño moderado y severo resultaron ser estadísticamente diferentes con respecto al testigo correspondiendo a un valor de 40% el CRA (Cuadro 1).

Cuadro 1. Parámetros analizados bajo condiciones de salinidad de suelo inducida por sulfatos en agua de riego en la Huerta "Los Nogales" Jiménez, Chihuahua.

Nivel de Daño	Índice de Área Foliar(cm^2)	Contenido Relativo de Agua (%)	Clorofila (mg/ml)	Carotenos (mg/ml)	Prolina (mg X proteína X pf-^{1})	Catalasa (mg H_2O_2 reducidos X proteína)
Testigo	29.01 a	77 a	38.88 a	6.60 a	2.46 a	0.865 a
Escaso	24.07 b	67.97 a	36.58 a	10.01 b	7.25 b	1.144 b
Moderado	21.09 c	57.18 b	22.97 b	13.15 c	9.78 c	1.347 c
Severo	18.97 c	40.40 c	17.69 c	15.21 c	13.21 d	1.578 d
	R^2 = .931	R^2 = .924	R^2 = .983	R^2 = .961	R^2 = .981	R^2 = .973

DHS de Tukey [a, b, c, d]; R^2 Factor de correlación; nivel de significancia de 0.05 %

Los parámetros bioquímicos también se afectaron; indicando la expresión de la enzima catalasa en proporción al daño foliar (Cuadro1), estadísticamente los niveles de daño son diferentes entre si; el testigo indicó un valor medio de 0.86 umol de H_2O_2 reducidos por mg de proteína, la actividad de la enzima incrementó de 1.14 hasa 1.57 umol de H_2O_2 reducidos por mg de proteína en daño severo lo que equivale casi al doble con respecto al testigo, indicando asi, reducción de radicales libres; la enzima catalasa es activa sólo en altas concentraciones de H_2O_2, situación que se lleva a cabo en peroxisomas y glioxisomas (Kuk *et al.,* 2003) con la finalidad de eliminar todo el exceso de H_2O_2 antes que se difunda hacia el citoplasma y pueda reaccionar con otras moléculas (Perl and Perl, 2001).

Otro indicador importante de condiciones de éstres en plantas es el aminoácido prolina el cual mostró un comportamiento similar a la enzima catalasa, indicando 2.46 mg/ml en el testigo y siendo estadísticamente diferentes los niveles de daño entre sí y con respecto al testigo, con un incremento significativo en el grado de daño escaso de 7.25 mg/ml hasta 13.21 mg/ml para daño severo, se produce una rápida acumulación de prolina en plantas estresadas, tanto en parte aérea como en sistema radicular (Cuadro 1).

Se ha descrito que los niveles de prolina aumentan en las hojas en respuesta a condiciones de estrés salino indicando que la acumulación de prolina es directamente proporcional a la presión de

estrés impuesta (Arbona *et al.,* 2003). Con lo que respecta a los pigmentos, se vio reducida la producción de clorofila con el aumento de daño foliar presentado una concentración de 38.88 mg/ml Todos los niveles de daño son estadísticamente diferentes con respecto al testigo, indicando un valor de 17.69 mg/ml en árboles que presentaban daño severo.

Estudios han demostrado el impacto negativo de la salinidad sobre la concentración de pigmentos debido a la destrucción de los cloroplastos y un incremento de la actividad de la clorofila, por ello disminuye la síntesis de clorofilas (Spyropoulus y Maurommatis, 1998), así mismo con la inhibición de la enzima fitoeno sintasa se producen fenómenos de fotoxidación que conducen a la destrucción de las moléculas de clorofila (Grumbach y Britton, 1983; Sandmann y Mitchel, 2001). Caso contrario ocurrió con los carotenos (Cuadro 1), en el que el daño severo indicó niveles más altos del pigmento frente a testigo, correspondió a 15.21 mg/ml; el daño moderado no mostró diferencias significativas con respecto a la concentración de carotenos a nivel de daño moderado disminuyendo a partir de daño escaso y testigo que indican concentraciones de 6.6 y 10 mg/ml respectivamente, los carotenos son pigmentos de gran importancia por relacionarse con la fotosíntesis (captación de luz, fotoprotección, disipación de excesos de energía, desactivación de oxígeno, etc.) (Meléndez *et al.,* 2007).

Conclusión

Estos resultados constituyen una base importante sobre el estudio de los mecanismos fisiológicos y bioquímicos involucrados en la tolerancia a la salinidad en nogal pecanero, encontrándose un comportamiento diferencial que se asocia con el grado de tolerancia de éstas al estrés por salinidad, lo que se sugiere su empleo como posibles marcadores bioquímicos para este factor abiótico que contribuyen a la evaluación de la tolerancia a la salinidad y ofrecen herramientas importantes sobre el funcionamiento vegetal en condiciones adversas como la salinidad de los suelos, visto en función de modificaciones fisiológicas y bioquímicas que garantizan el metabolismo celular.

Bibliografía

Ahmad, P., C.A. Jaleel, M.A. Salem, G. Nabi, and S. Sharma. 2010. Roles of enzymatic and non enzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. Crit. Rev. Biotechnol. 30 (3): 161-175.

Apel, K. and H. Hirt. 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. Annu. Rev. Plant. Biol. 55: 373-99.

Arbona, V., V. Flors, J. Jacas, P. García-Agustín and A. Gómez-Cadenas. 2003. Enzymatic and non-enzymatic antioxidant responses of Carrizo citrange, a salt-sensitive citrus rootstock, to different levels of salinity. Plant. Cell Physiol. 44:388-394.

Ashraf, M. and P. Harris. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Sci. 166: 3-16.

Boguszewska, D. and B. Zagdańska. 2011. ROS as Signaling Molecules and Enzymes of Plant Response to Unfavorable Environmental Conditions. In tech. 18: 341-362.

Casierra, F.P., P. Lüdders and G. Ebert. 2000. Efecto de la salinidad por cloruro de sodio sobre el balance de nutrientes en plantas de lulo (*Solanum quitoense* L.). Agronomía Colombiana. 17:85-90.

Fideicomisos Instituidos en Relación a la Agricultura (FIRA). 2005. Nuez, Análisis de su rentabilidad. Estudio de ACERCA. Arturo Puente González- Consultor.

Gómez, M. 2009. Definición de la aptitud de agua para riego en un agroecosistema del Sur de la Provincia de Córdoba, Argentina. Investigación y Ciencia. 45: 38-43.

González, L.M. 2001. Apuntes sobre la Fisiología de las Plantas Cultivadas Bajo Estrés de Salinidad. Cultivos Tropicales. 23 (4): 47-57.

Grajeda J.G., R. Sabori-Palma, A. Valenzuela-Martínez, A. Quijada-Flores, H. Núñez-Moreno y J. Rodrìguez. 2010. Evaluación de la salinidad del suelo en huertas de nogal pecanero [*Carya illinoinensis* (Wangenh.) K. Koch], XI Simposio Internacional de Nogal Pecanero, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Hermosillo Sonora., pp.35-43.

Grumbach, K.H. and G. Britton G. 1983. Distribution of carotenoids in subcellular and sub-plastidic fractions of radish seedlings (*Raphanus sativus*) grown in the presence of bleaching pesticides. Phytochem. 22(9): 1937-1940.

Kuk, Y.I., J.S. Shin, N.R. Burgos, T.E. Hwang, O. Han, B.H. Cho, S. Jung and J.O. Guh. 2003. Antioxidative enzymes offer protection from chilling damage in rice plants. Crop Sciences. 43: 2109-2117.

Lesmes, R., A. Molano, D. Miranda y B. Chavez. 2007. Evaluación de concentraciones de sal (NaCl) en el agua de riego sobre el crecimiento de lechuga 'Batavia' (*Lactuca sativa* L.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas. 1(2): 222-235.

Matías, V., P. Posenato, A. Bermejillo, M. Filippini, C. AGÜERO and E. Blumwald. 2007. Análisis de la tolerancia de la salinidad en plantas de *Vitis vinífera CV. Sultanina* transformadas con el gen que codifica al antiporter vacuolar Atnhx1. Fisiología, y Viticultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Departament of Plant Sciences, University of California, Davis.

Meléndez, A.M., I. Vicario y F.J. Heredia. 2007. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales y fisicoquímicas. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición. 57 (2): 109-117.

Mendoza, C.F. y R.P. Salavarrieta. 2002. Poliaminas: reguladores del crecimiento con múltiples efectos en las plantas. Cenipalma, Bogotá D.C., Colombia. Laboratorio de Marcadores Moleculares, Área de Fisiología y Mejoramiento. 23 (4): 39-46.

Mite, F. 2002. Problemas de Acumulación de Sales en Suelos del Ecuador. INIAP. Estación Experimental Tropical "Pichilingue". VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.

Perl, T.R. and A. Perl. 2001. Oxidative stress: an introduction. In: Oxidative stress in plants. Inzé D., Van Montagu M., Taylor Francis (eds.). London. pp 1-32.

SAGARPA. 2011. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Crecimiento en producción de nuez, favorece a exportación a Norteamérica. NUM 074/06.

Sandmann, G. and G. Mitchell. 2001. In vitro inhibition studies of phytoene desaturase by bleaching ketomorpholine derivatives. J Agric Food Chem. 9: 139-141.

Spyropoulus, C. G. and M. Maurommatis. 1998. Effect of water stress on pigment formation in Quercus species. J. Experimental Botany. 29: 273- 477.

Vega, M., P. Aparicio, F. Castillo y J. Maldonado. 1998. Avances en el metabolismo del nitrógeno: de la fisiología a la biología molecular, IV Reunión Nacional, 1er edición, Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla, Sevilla España. pp. 417.

Viramontes, U. 2005. Sistema Producto y/o línea estratégica de atención: nogal. Fitomejoramiento. nuez pecanera. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pesqueras, Campo Experimental La Laguna. C01-12315.

Walker, D.J. and M.P. Bernal. 2008. The effects of olive waste mill compost and poultry manure on the availability and plant uptake of nutrients in a highly saline soil. Bioresour. Technol. 99(2): 396-403.

EFECTO DE ENMIENDAS EN LA VARIACIÓN DE LOS ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS ESTRACTABLES EN RESIDUOS DE MINAS

Maldonado Torres, A.1*; Carrillo González, R., B.2; González Chávez, M. C. A.2; Cruz-Díaz, J.2

[1]**Secretaría de Estudios de Postgrado e Investigación, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Cd. Victoria Tamaulipas. México.**
[2] **Química de Suelos y Ambiental, Edafología. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, Texcoco. México.**
*Autor responsable: crogelio@colpos.mx; Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Montecillo, Texcoco. México. CP 56230; Tel. +52(55)58045900 Ext 1269.

Resumen

A diferencia de los contaminantes orgánicos, los elementos potenciamente tóxicos (EPT's), no son degradables y prevalecen en el sitio de depósito por largo tiempo. Entre los principales retos para el control de sus efectos tóxicos está la reducción de su biodisponibilidad. En este trabajo se hicieron experimentos de equilibrio en condiciones controladas para reducir la disponibilidad de EPT's en un residuo de mina procedente de Zimapan, Hgo. Se aplicó roca fosfórica; roca fosfórica con $CaCO_3$ y vermicompost; se incubaron durante 20 días; al término de los cuales se midieron las concentraciones de EPT's con la técnica de flama en absorción atómica. Se observó una disminución en la concentración de Cd, Zn y Cu extractables con DTPA, debido a la aplicación del vermicompost. En el caso de los tratamientos con roca fosfórica la concentración de los EPT's, a excepción del Cu, se elevó. Sin embargo, hay procesos inducidos por la adición de enmiendas que aún no son entendidos.

Palabras clave: Atenuación inducida; biodisponibilidad; metales pesados; calcita; roca fosfórica

Introducción

México es un país minero, esta entre los principales productores de oro, plata y cobre en el mundo. La minería es una actividad económica muy importante en 16 estados, sin embargo, genera grandes volúmenes de residuos que usualmente son depositados a cielo abierto, conocidos comúnmente como jales o relaves que llegan a contaminar suelos del sitio de extracción o procesamiento y los suelos de sus alrededores (González *et al*., 2005). Estos residuos contienen distintos elementos potencialmente tóxicos (EPT's), dependiendo de los minerales de los cuales se deriven. Cuando se dispersan por acción del viento o la lluvia, causan contaminación ambiental por los elementos que contienen como metales, metaloides y otros componentes que se refleja en reducción o pérdida de la productividad del suelo. Entre los principales EPT's que se encuentran en los residuos de los sitios mineros se pueden mencionar: arsénico, plomo, cadmio, cobre, zinc y cromo (Wild, 1993; Diez *et al*., 2002). Su presencia en el suelo afecta el desarrollo y supervivencia de las especies vegetales, además de representar un riesgo para la salud humana. Este riesgo depende principalmente de su solubilidad y disponibilidad para los organismos (del Castilho *et al*., 1993; Dean, 2007).

La biodisponibilidad corresponde a la fracción de EPT's que puede ser absorbida por los organismos la cual es determinada por varios procesos como la precipitación o adsorción. A su vez estos son influenciados por factores como la variación del pH, contenido y tipo de arcilla, contenido de materia orgánica, óxidos de fierro, aluminio y magnesio, potencial redox, capacidad de intercambio catiónico, cationes y aniones solubles (del Castilho *et al*., 1993; Theodoratos *et al*., 2002; Fang *et al.*, 2011; Kassir *et al*., 2012). Por esta complejidad de procesos y factores el control de su disponibilidad no siempre es fñacil. La reducción de la biodisponibilidad se ha logrado mediante la aplicación de enmiendas agrícolas como la adición de fosfatos (Fang *et al.*, 2011), carbonatos (Muena *et al*., 2010) y compost (Burgos *et al*., 2007. El objetivo de esta investigación

consistió en evaluar la reducción de la disponibilidad de As, Pb, Cu, Zn y Cd en residuos de mina usando roca fosfórica, vermicompost y una combinación de roca fosfórica con calcita como enmiendas, después de una incubación realizada durante 20 días.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó, en el Laboratorio de Química de Suelos del Programa de Edafología del Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, en reactores y condiciones controladas. El residuo utilizado para la investigación es procedente de un pasivo ambiental llamado presa San Antonio, en el Municipio de Zimapan, Hidalgo. Se utilizó roca fosfórica como fuente de fósforo como enmienda inorgánica, además de una combinación de roca fosfórica y $CaCO_3$. Para el caso de enmienda orgánica se utilizó vermicompost, ambos materiales se caracterizaron como sigue: tamaño de particulas, pH en relación 1:2 solido agua destilada; conductividad eléctrica en el extracto de 1:2 (Richards, 1973); Carbono orgánico por digestión humeda (Walkley and Black, 1947). Estos procedimientos son descritos en Rowell (1994) fósforo total por digestión ácida (Westerman, 1990), Pb, Cd, Zs y As totales por el procedimiento EPA3050 descrito por la EPA (1986).

Establecimiento del experimento

El residuo minero se tamizó por una malla de 2 mm previo al establecimiento del experimento. Se aplicaron en forma independiente seis niveles de roca fosfórica (RF= 0, 0.8%, 1.6% y 2.4%); los niveles anteriores de roca fosfórica combimados con 100 mg de $CaCO_3$ y una cuarta serie de tratamientos de vermicompost (5, 10, 15 y 20%). Se mezclaron con los residuos y se humedecieron a 80% de la CC para que la reacción fuera aerobica. Después del tiempo (2 semanas) de equilibrio a 35 ^oC, se extrageron los elementos con una solución de DTPA-$CaCl_2$-TEA en relación 1:5 (Lindsay y Norvell, 1978).

La concentración de los EPT's en las soluciones de equilibrio se midió en el extracto obtenido por la técnica de flama con un espectrómetro de absorción atómica modelo Perkin Elmer Analist 700. Se analizaron los elementos plomo, cadmio, zinc, cobre y arsénico, este último se analizó en un espectrómetro de absorción atómica. Para la determinación de los EPT's de la solución fue necesaria la preparación de curvas de calibración lo cual se hizo con estándares certificados.

Resultados y Discusión

Caracterización de la roca fosfórica y vermicompost

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de la roca fosfórica y vermicompost utilizados como enmiendas se pueden observar en el Cuadro 1. Se observó que el vermicompost presenta un pH ligeramente alcalino mientras que la roca fosfórica es ligeramente ácida, la conductividad eléctrica muestra que debe usarse con cuidado de no causar problemas de salinidad, pues estos valores implican que las enmiendas utilizadas enmiendas contienen 1.45 y 3.11 g L^{-1} de sales en solución, respectivamente. De igual forma puede observarse que la roca fosfórica contiene As total de 53.06 mg/kg y bajo contenido de Cd, mientras que el vermicompost presenta una alta concentración de Zn además de presentar contenidos trazas de Cd y Cu, pero no se detectó arsénico. Se espera que el vermicompost sea un material muy reactivo al contener ácidos prehumicos, ya que la materia prima del vermicompost es estiércol vacuno y caballar, mezclado con residuos de verduras.

Los materiales se someten a la primera fase de degración aerobica termofilica, y después se continua con su transformación por medio de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*), se deshidrata y se tamiza en una malla de 5 mm. La roca fósforica es menos reactiva en medio neutro o alcalino.

Cuadro 1. Caracterización fisicoquímica de los materiales usados como enmiendas

Parámetro	Roca fosfórica	Vermicompost
pH	6.98	8.59
Conductividad eléctrica	2.27	4.87 mS/cm
Materia orgánica	-	55.98%
Fosforo total	6.04%	1.4
Pb	ND	ND
Cd	0.82 mg/kg	0.11 mg/kg
Cu	ND	0.73 mg/kg
Zn	ND	32.43 mg/kg
As	53.06 mg/kg	ND

ND= no detectable

Extracción de elementos potencialmente tóxicos

Se ha reportado variación en la cantidad de EPT extraidos dependiendo de la solución extractora usada, de acuerdo con Beckett (1989), la solución extractante tiene una función importante en la forma química removida en la extracción. En la siguiente sección se presentan los resultados de extracción con solución de cloruro de calcio, que se acepta puede extraer los metales en solución e intercambiables con Ca de la superficie de intercambio. Esto se contrasta con la extracción con DTPA-$CaCl_2$-TEA que remueve además los metales atrapados en carbonatos, óxidos de hierro y acomplejados con materia orgánica. Ya que se espera que la adición de enmiendas cambien la distribución de esta formas químicas en los residuos.

Plomo

En el caso del tratamiento con roca fosfórica, no hubo cambios en la disponibilidad del elemento Pb; ya que aunque el valor cambió de 84.57 mg kg^{-1} a 72.07 mg kg^{-1} cuando se extrajo con DTPA (R^2 =0.35) y de 1.68 mg.kg^{-1} a 0.39 mg.kg^{-1} al extraerse con $CaCl_2$ (R^2 =0.18), la diferencia no fue estadísticamente significativa, como se puede observar en la Figura 1. Para el caso del tratamiento con vermicomposta la disponibilidad de plomo disminuye a concentraciones trazas a partir de la aplicación de 5% en peso de la enmienda (R^2 = 0.74) cuando se utiliza $CaCl_2$ para su extracción.

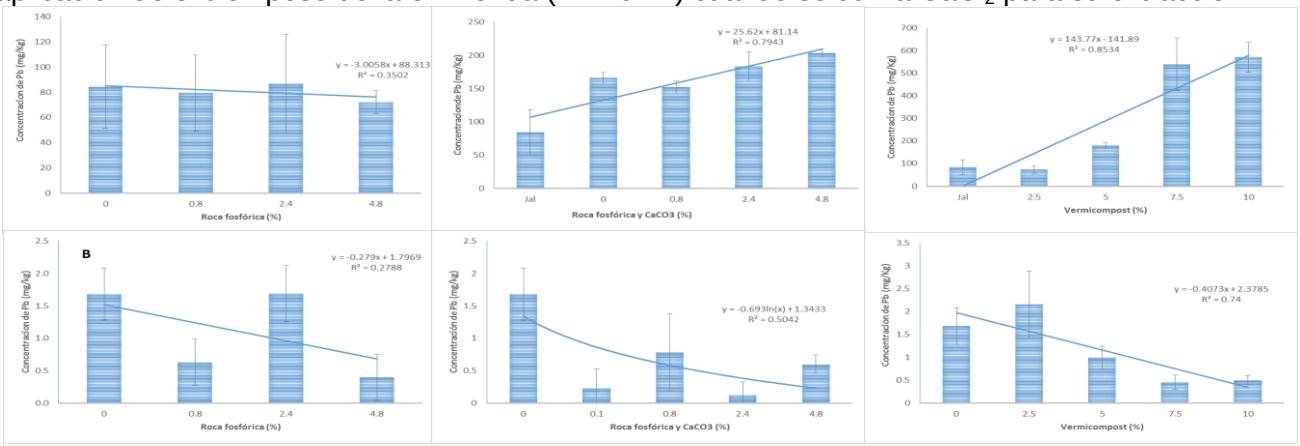


Figura 1.- Plomo biodisponible en el residuo de mina en función de los tratamientos aplicados. a) Extracción con DTPA y b) Extracción con $CaCl_2$

Al realizar la extracción con DTPA se obtuvo un aumento significativo de la concentración del elemento hasta 570.6 mg kg^{-1} (R^2 = 0.8534). Un comportamiento similar se observó al utilizar una combinación de enmiendas inorgánicas de roca fosfórica y $CaCO_3$, obteniendo un aumento de la concentración de Pb disponible de 84.52 mg kg^{-1} a 103.923 mg kg^{-1} al extraerse con DTPA (R^2= 0.79) y una disminución de 1.68 mg.kg^{-1} a 0.59 mg.kg^{-1} usando $CaCl_2$ (R^2= 0.47). El vermicompost es capaz de incrementar la disponibilidad de Pb^{2+} extraíble con DTPA, pero el intercambiable con

calcio disminuye, muy probablemente porque la unión entre los componentes del vermicompost es más estable que los formados con el Ca^{2+} durante la extracción. La solución electrolítica de cloruro de calcio es muy débil para liberar Pb de las distintas fracciones de los residuos.

Cadmio

La concentración disponible inicial del cadmio en la solución extractora de DTPA fue de 22.9 mg kg^{-1}. La concentración de cadmio biodisponible disminuyó con la aplicación del tratamiento consistente en roca fosfórica y $CaCO_3$ al utilizar ambas soluciones en la extracción. La concentración disponible inicial del cadmio fue de 22.90 mg kg^{-1} y disminuyó hasta 20.95 mg kg^{-1} (R^2=0.56) al utilizar DTPA para la extracción, al utilizar $CaCl_2$ para la extracción de Cd, la concentración inicial disminuyó de 1.59 mg kg^{-1} a 1.36 mg kg^{-1} (R^2= 0.08), como se puede observar

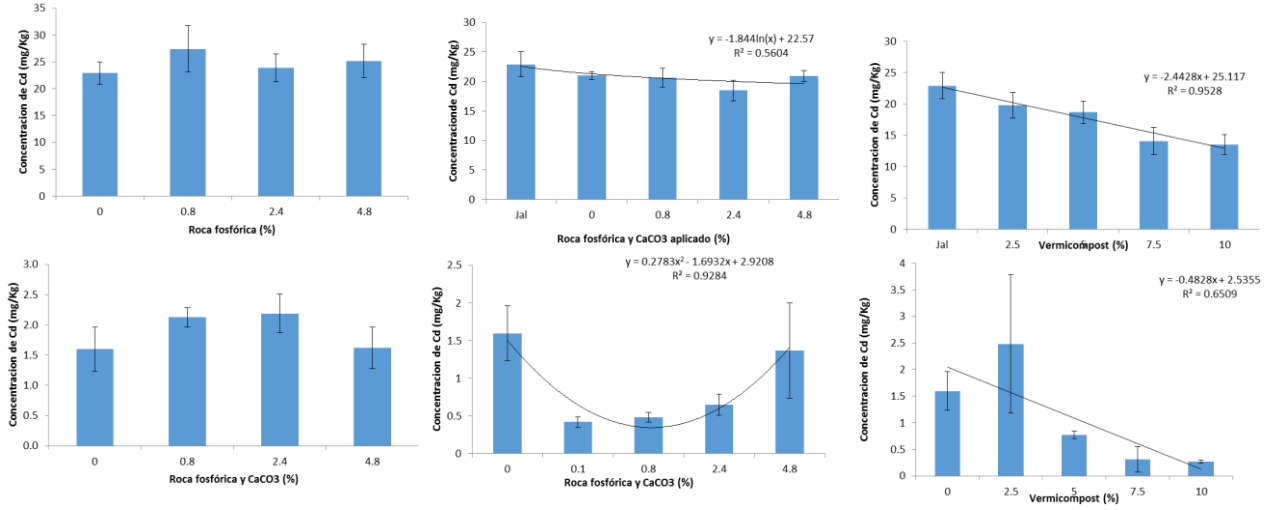


Figura 2.- Contenido de Cd biodisponible en el residuo de mina en función de los tratamientos aplicados. a) Extracción con DTPA y b) Extracción con $CaCl_2$

En el caso del tratamiento consistente en vermicompost la concentración de Cd biodisponible disminuyó de 22.9 mg kg^{-1} a 13.51 mg kg^{-1} (R^2= 0.95) al utilizar DTPA para la extracción, y de 1.59 mg kg^{-1} a 0.27 mg kg^{-1}(R^2= 0.65), al utilizar $CaCl_2$ en la extracción. El cambio se hace evidente a partir de la dosis de 7.5%. Con exepción de tratamiento de 2.5%, el mismo comportamiento se observó al utilizar $CaCl_2$ para la extracción de Cd, en este caso la concentración inicial solo varió de 1.59 mg kg^{-1} a 1.61 mg kg^{-1}(R^2=0.05), como se puede observar en la Figura 2, lo que implica que no hubo modificación por la adición de roca fósforica

Zinc.

La concentración inicial de Zn extractable con DTPA varió con la aplicación del tratamiento con roca fosfórica de 1325.81 mg kg^{-1} a 2326 mg kg^{-1} (R^2= 0.35), y el extractable con $CaCl_2$ varió de 29.43 mg kg^{-1} a 53.30 mg kg^{-1} (R^2=0.18), como se puede observar en la Figura 3. Sin embargo, la variación en la concentración extraida del testigo, impidió que esas diferencias fueran estadisticamente significativas.

En el caso de la aplicación de roca fosfórica con $CaCO_3$ la concentración de Zn extractable con DTPA aumentó de 1325.81 mg kg^{-1} a 2014.43 mg kg^{-1} (R^2= 0.72), en contraste disminuyó de 29.4362 mg kg^{-1} a 13.6529 mg kg^{-1} (R^2= 0.69), al utilizar la solución de $CaCl_2$ como extractante. La concentración de Zn varió con la aplicación vermicompost de 1325.81 mg kg^{-1} a 1751.54 mg kg^{-1} (R^2= 0.11) al utilizar DTPA para la extracción, y disminuyó de 29.4362 mg kg^{-1} a 2.7006 mg kg^{-1} (R^2= 0.88), al utilizar $CaCl_2$ en la extracción.

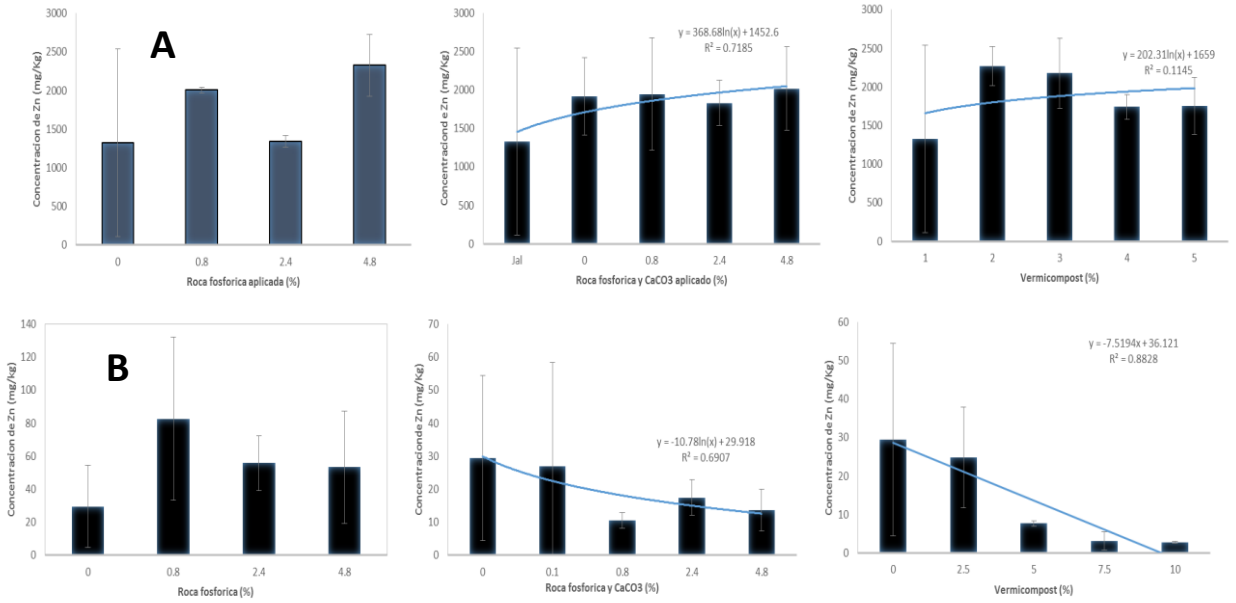


Figura 3.- Contenido de Zn biodisponible en en el residuo de mina en función de los tratamientos aplicados. a) Extracción con DTPA y b) Extracción con $CaCl_2$

Cobre

La concentración de Cu varioó con la vermicomposta de 75.24 mg kg^{-1} a 82.80 mg kg^{-1} (R^2=0.14) al utilizar DTPA para la extracción, y de 0.03 mg kg^{-1} a 0.25 mg kg^{-1} (R^2=0.22), al utilizar $CaCl_2$ en la extracción, como se puede observar en la Figura 4. Con la aplicación de roca fosfórica y $CaCO_3$ no hubo cambios en el Cu extractable con DTPA, sólo variación dentro de la desviación estándar de 75.24 mg kg^{-1} a 66.98 mg kg^{-1} (R^2=0.13); en cambio el Cu extractable varió de 0.03 mg kg^{-1} a 0.38 mg kg^{-1} (R^2=0.73), como se puede observar en la Figura 4. Con la aplicación de vermicompost, la concentración de Cu extractable con DTPA disminuyó de 75.24 mg kg^{-1} a 38.89 mg kg^{-1} (R^2=0.81), y aumentó de 0.03 mg kg^{-1} a 0.75 mg kg^{-1} (R^2=0.88), al utilizar $CaCl_2$ para la extracción.

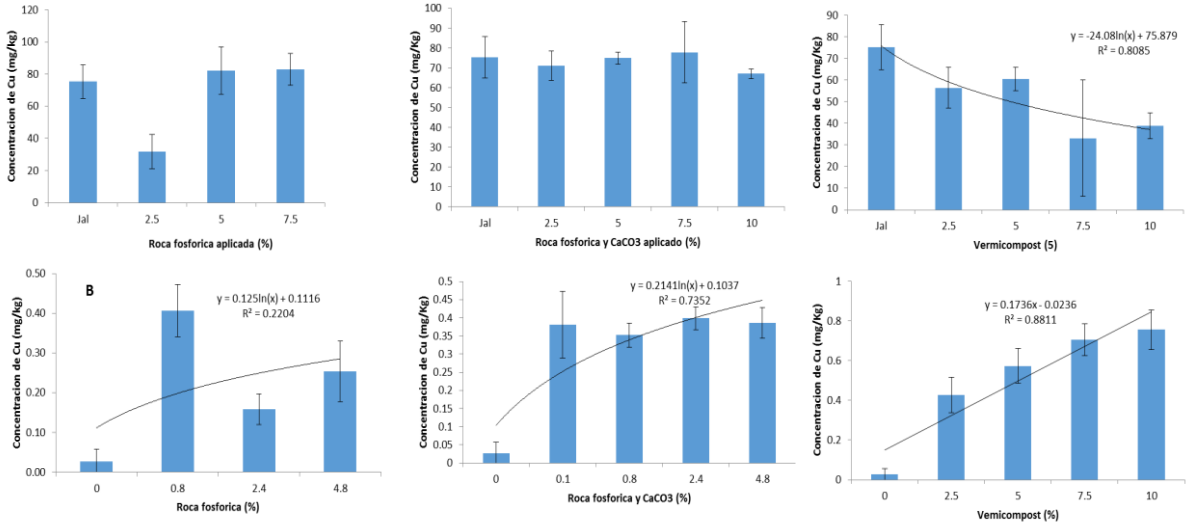


Figura 4.- Contenido de Cu biodisponible en en el residuo de mina en función de los tratamientos aplicados. a) Extracción con DTPA y b) Extracción con $CaCl_2$

Aún cuando los elementos medidos forman cationes divalentes predominantemente, su comportamiento es muy complejo, y se presentan interacciones de competencia o sinergismo entre ellos, por los sitios de reacción. Muy probablemente la reacción de estabilización con enmiendas requiera de mayor tiempo que el esperado en este experimento, por lo que estos esperimentos siguen en observación.

Conclusiones

El tratamiento con vermicompost disminuyó de la biodisponibilidad del Cd, Zn y Cu, extraido con DTPA, seguido por el tratamiento de roca fosfórica con $CaCO_3$, el uso de roca fosfórica no funcionó como enmienda habiendo obtenido un aumento de estos EPT's, con excepción del Pb. Aparentemente el extractante usado es determinante a las conclusiones que se llegue; las concentraciones de EPT's extraídos con DTPA fueron más altas que aquellas extraídas con $CaCl_2$. En sistemas multielemento como los residuos de minas ocurren procesos no comprendidos, debido a la adición de enmiendas. Durante el tiempo de estabilización no se alcanzó el equilibrio, y se observan valores muy erráticos. Es muy probable que se requiera mayor tiempo para esto.

Agradecimientos

Al CONACYT por el apoyo de beca. Al FORDECYT por el apoyo por medio del proyecto 191357, Estrategia integral para la remediación de suelos contaminados con metales pesados y metaloides.

Bibliografía

Beckett PHT. 1989. The use of extractants in studies on trace metals in soils, swage sludge and sludge treated soils. In: Steward B.A. ed. Advances in soil science 9:141-176. Springer-Verlag. New York

Dean JR. 2007. Bioavailability, bioaccessibility, and mobility of environmental contaminants. John Wiley& Sons, Ltd. England

Del Castilho P, WJ Chardon and W Salomon. 1993. Influence of cattle manure slurry application on the solubility of cadmium, copper and zinc in a manured acidic, loamy sand soil. J Environ. Poll. 22: 689-697

Diez L, J, P Kidd y C Monterroso. 2002. Biodisponibilidad de metales en suelos y acumulación en plantas en el área e tras-Os-Montes (Ne Portugal). Edafología 9(3):313-328.

Fang Y, X Cao and L Zhao. 2011. Effects of phosphorus amendments and plant growth on the mobility of Pb, Cu and Zn in a multi-metal-contaminated soil.

González Chávez, MCA, J Pérez-Moreno y R. Carrillo González.2005. Introducción y aspectos Generales de los suelos contaminados con residuos de minas y su recuperación. In: González-Chávez, M. C., J. Pérez-Moreno y R. Carrillo-González (eds). 2005. El sistema planta-microorganismo-suelo en áreas contaminadas con residuos de minas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de Mexico.161 p.

Kassir LN, T Darwish, A. Shaban, G Olivier and N Ouaini. 2012. Mobility and bioavailability of selected trace elements in Mediterranean red soil amended with phosphate fertilizers: Experimental study. Geoderma 189-190: (357-368).

Linsay WL y WA Norvell. 1978. Development of a DTPA soil zinc, iron, manganese and copper. J. Am. Sci. Soil 42:421-428.

Muena V, I González y A Neaman. 2010. Efectos del encalado y la fertilización nitrogenada sobre el desarrollo de *Oenothera afinis* en un suelo afectado por la minería del cobre. Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal 10 (2):102-+114.

Theodoratos, P., N. Papassiopi, A. Xenidis. 2002. Evaluation of monobasic calcium phosphate for the immobilization of heavy metals in contaminated soils from Lavrion. Journal of Hazardous Materials 94(2):135–146.

US-EPA. 1986. Acid digestion of sediment, sludge and soils. In: Test methods for evaluation solid wastes. EPA SW-846. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

Wild A. 1993. Soils and the Environment. Cambridge University Press, USA. 302 p.

CAMBIOS FISIOLÓGICOS EN EL CULTIVO DEL NOGAL PECANERO INDUCIDO POR SULFATO DE SODIO

Moreno-Izaguirre1, J.E.[1]; Ojeda-Barrios2, D.L.[2]; Guerrero-Prieto3, V.M.[3]; Ruiz-Anchondo2, T.[2]; Martínez-Tellez2, J.[2]; Hernández-Rodríguez2, O.A.[2]

[1]Afiliacion de Posgrado/ Maestría en Ciencias de la Productividad Frutícola. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas, Universidad Autónoma de Chihuahua.
[2]Docente investigador (a). Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.
3Docente investigador. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua, Campus Cuauhtémoc.

* Autor responsable: dojeda@uach.mx. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Ciudad Universitaria S/N Campus 1, Chihuahua, Chih. México. CP. 31000. Tel. (614)-439-18-44 ext. 3134

Resumen

Se realizó un estudio en plántulas de nogal pecanero el cual tuvo como objetivo evaluar aspectos fisiológicos y nutricionales bajo condiciones de estrés salino por sulfato de sodio en el cultivo del nogal pecanero [*Carya illinoensis* (*Wanngenh*) K. Koch]. El experimento consistió en evaluar el crecimiento y desarrollo de las plantas a partir de semillas de nogal pecanero Wester Schley; las cuales fueron sometidas a diferentes concentraciones, las cuales fueron: T1 0 mg.L^{-1} de Na_2SO_4, T2 1000 mg.L^{-1} de Na_2SO_4, T3 2000 m g.L^{-1} de Na_2SO_4, T4 3000 mg.L^{-1} de Na_2SO_4, y T5 4000 mg.L^{-1} de Na_2SO_4 .Las variables evaluadas fueron las siguientes: altura de planta, diámetro de tronco, contenido relativo de agua, concentración de clorofila (unidades SPAD y metanol) ,contenido de prolina, contenido de sulfatos de sodio, N-total y NO_3. Los resultados indican diferencias significativas en la aplicación de diferentes concentraciones de Na_2SO_4 en altura de planta, diámetro de tronco, contenido relativo de agua, concentración de clorofila (unidades SPAD y metanol), contenido de prolina, contenido de sulfatos, N-total y NO_3. El contenido de prolina en plántulas de nogal pecanero aumentó al incrementarse las concentraciones de sales aplicadas en el agua de riego. El incremento de prolina se relaciona con la disminución del potencial hídrico en hojas y el contenido relativo de agua. Los resultados de este trabajo muestran el daño ocasionado por sulfatos de sodio en plántulas de nogal pecanero en variables fisiológicas y nutricionales.

Palabras clave: *Carya illinoensis*, nitratos, clorofila, salinidad

Introducción

El nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wanngenh.) K. Koch] es un cultivo que ha incrementado su rentabilidad en los últimos años, además de su importancia socioeconómica en el norte de México (SIAP, 2010). Las regiones nogaleras más importantes de México presentan una marcada tendencia de deterioro del agua de riego debido principalmente a la sobreexplotación de los acuíferos. Actualmente los suelos de las huertas nogaleras en el sur del estado de Chihuahua presentan problemas de salinidad, aunado al problema de la extracción de agua para riego en pozos más profundos, que da como resultado elevados niveles de sulfatos, esto ocasiona bajas en la producción y una disminución en la calidad de la nuez y por consiguiente pérdidas económicas considerables para los productores de nogal y nuez del Estado (Jasso *et al*., 2008). Con respecto a las sales, las de sodio (Na) son las más comunes en suelos de regiones áridas y semiáridas, donde existen sales como NaCl, Na_2SO y Na_2CO_3. El nogal pecanero es uno de los arboles más sensibles a las sales en la actualidad, las huertas de nogal se encuentran establecidas principalmente en el suroeste de Estados Unidos y norte de México. Las sales de Na^+ se acumulan especialmente en suelos con pobre drenaje, contribuyendo a la salinidad y sodicidad del mismo (Miyamoto and

Nesbitt, 2011), la exposición de las plantas a las sales se refleja rápidamente en una disminución en la tasa de crecimiento debido inicialmente al suministro reducido de agua a los tejidos en crecimiento, mientras que los efectos a largo plazo son consecuencia de la absorción continua de iones y su acumulación en la planta (Munns *et al.,* 2006). Bajo condiciones de estrés salino las plantas incrementan la concentración de prolina como un mecanismo de protección, la cual es un aminoácido que se encuentra en pequeñas cantidades en ellas cuando crecen en condiciones óptimas; en condiciones de estrés, se ha encontrado que el contenido de prolina aumenta para actuar como un agente osmótico, protegiendo a la planta de la deshidratación. La síntesis de prolina se realiza a partir del ácido glutámico, tanto en condiciones normales como bajo estrés hídrico, sin embargo, en el cultivo de nogal pecanero no se ha evaluado la concentración de prolina bajo condiciones de estrés salino, además de existir escasa información sobre trabajos realizados anteriormente que hablen acerca del efecto que causa el sulfato de sodio en el cultivo del nogal. Por lo anterior el objetivo de este trabajo es evaluar aspectos fisiológicos y nutricionales en el cultivo del nogal pecanero, bajo condiciones de estrés salino por sulfato de sodio.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó acabo en la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la ciudad de Chihuahua, Chih., localizada a una latitud 28^0 39´ 26´´ N y 106^0 05´ 15´´ O y una altitud de 1446 msnm. El diseño experimental fue completamente al azar, conformado por 5 tratamientos con cinco 6 repeticiones respectivamente, en plántulas de nogal de un año de edad, en macetas de polietileno con 4 kg de tierra. El riego con solución salina de Na_2SO_4 comenzó a partir del lunes 22 de abril del 2013, cada tercer día se aplicó 0.850 litros de solución salina respectiva para cada tratamiento. Las dosis aplicadas fueron T1 0 $mg.L^{-1}$ de Na_2SO_4, T2 1000 $mg.L^{-1}$ de Na_2SO_4, T3 2000 m $g.L^{-1}$ de Na_2SO_4, T4 3000 $mg.L^{-1}$ de Na_2SO_4, y T5 4000 $mg.L^{-1}$ de Na_2SO_4. En campo se determinaron las siguientes variables: altura de plántula, diámetro de tallo y medidas de SPAD (índice de clorofila) la primera aplicación al iniciar los tratamientos, la segunda a los cuarenta días. En el laboratorio de química de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas se determino el contenido relativo de agua por el método de Parra *et al.,* (1999), se realizó la determinación la concentración de prolina, utilizando el método propuesto por Irigoyen *et al.,* (1992), y la determinación de clorofila mediante la técnica con metanol propuesta por Fisher y Hart (1991), también se midió el contenido de nitrógeno total con la técnica de Micro- Kjendahl de acuerdo a APHA (1992). Se determinaron los $N\text{-}NO_3^-$ por el método de ácido fenol-disulfónico y espectrofotometría UV-visible, según la técnica propuesta por Fisher y Hart (1991), por último, La determinación de sulfatos se realizó según la técnica propuesta por Narozamsky y Van Eck (1977). Las diferencias entre las concentraciones fueron comparadas utilizando un modelo de regresión lineal para cada variable con la ayuda del programa IBM spss statistics. Finalmente, los niveles de significancia fueron representados entre * $P>0.05$ a $P>0.001$ como significativos y altamente significativos.

Resultados y Discusión

El diámetro de las plantas no fue afectado drásticamente en los tratamientos de 1000 $mg.L^{-1}$ y 2000 $mg.L^{-1}$, sin embargo en los tratamientos de 3000 $mg.L^{-1}$ y 4000 $mg.L^{-1}$ de salinidad por Na_2SO_4 el crecimiento del diámetro del tallo se detuvo completamente; en la variable de altura de la planta el crecimiento se detuvo significativamente en comparación con el crecimiento de los arboles regados sin soluciones salinas. Trabajos anteriores han demostrado que un nivel de salinidad del suelo de 3,5 dS / m (medido en una pasta saturada; equivalente a 2200 $mg.L^{-1}$) pueden reducir el crecimiento de los árboles de nogal en aproximadamente un 25% (Thompson and Walworth, 2006). El contenido de agua de las hojas disminuyó ligeramente con el aumento de las dosis aplicadas de Na_2SO_4, se encontraron diferencias en contenido de agua entre el testigo y los diferentes tratamientos de salinidad por Na_2SO_4. El aumento de sales en la solución del suelo ocasiona disminución de los potenciales hídrico y osmótico del suelo, lo cual se refleja en el estado hídrico de la planta (Chaman,

2007). El contenido de prolina de los árboles de nogal pecanero aumentó al incrementarse las concentraciones de sales aplicadas en el agua de riego, tal como se muestra en la Figura 1. El incremento de prolina se relaciona con la disminución del potencial hídrico en hojas y el contenido relativo de agua (Tajdoost *et al.,* 2007). En lo que se refiere al contenido de clorofila total (Chl.a + Chl. b) de los tratamientos con Na_2SO_4 disminuyeron con el aumento de la salinidad; la tasa de reducción de Chl. b fue mayor que Chl. a y un valor promedio de la clorofila a y b se disminuyó significativamente al aumentar la salinidad del agua de riego. La reducción en la concentración de clorofila de plantas salinizadas podría ser también atribuido al aumento de la actividad de la enzima clorofilasa degradando clorofila (Karimi *et al*., 2009). Los contenidos de N-total y NO_3 de los árboles de nogal pecanero disminuyeron al incrementarse las concentraciones de sales aplicadas en el agua de riego. Estos resultados coinciden con los de (Fageria *et al.*, 2008), donde el estrés por la acumulación de salinidad provoca efectos negativos sobre la adquisición y la homeostasis de nutrientes esenciales lo que dificultan que el agua y los nutrientes se muevan a través de la membrana de la raíz, disminuyendo su concentración en la hojas (Khan *et al.,* 2010). Por último, los resultados revelaron que el contenido de sulfatos en las hojas de nogal se incrementó a medida que fueron aplicadas las dosis de Na_2SO_4 (Fig.2). Trabajos anteriores han demostrado que el nivel crítico del azufre en forma de SO_4 es de 100 mEq L^{-1}, que de acuerdo a Menguel y Kirkby (1987), afectan negativamente el crecimiento general de las plantas.

Conclusiones

Las plántulas de nogal pecanero Western Schley en condiciones de estrés salino por sulfato de sodio, redujeron notablemente el diámetro de tallo y crecimiento de los árboles, disminuyendo en ellos el contenido relativo de agua, los contenidos de clorofila a, b, y total, y las concentraciones nutrimentales de N-total y NO_3; también se presentó un aumento en los contenidos de prolina y sulfatos.

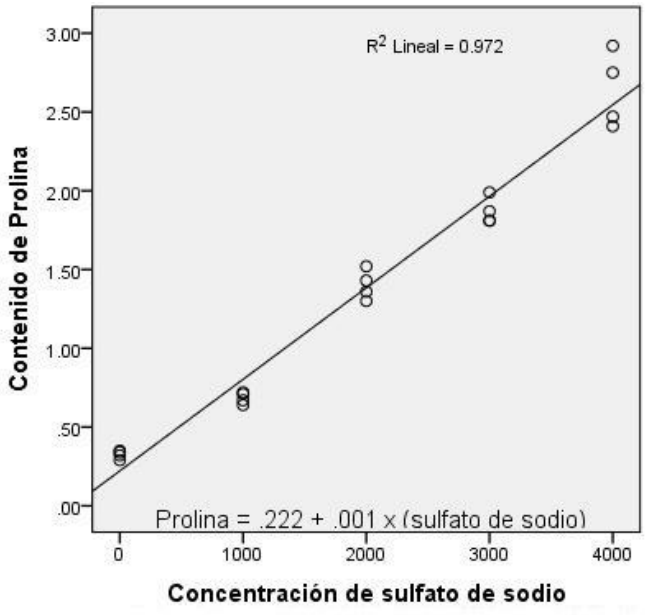


Figura 1. Relación entre el contenido de prolina y los tratamientos de salinidad en plántulas de nogal pecanero.

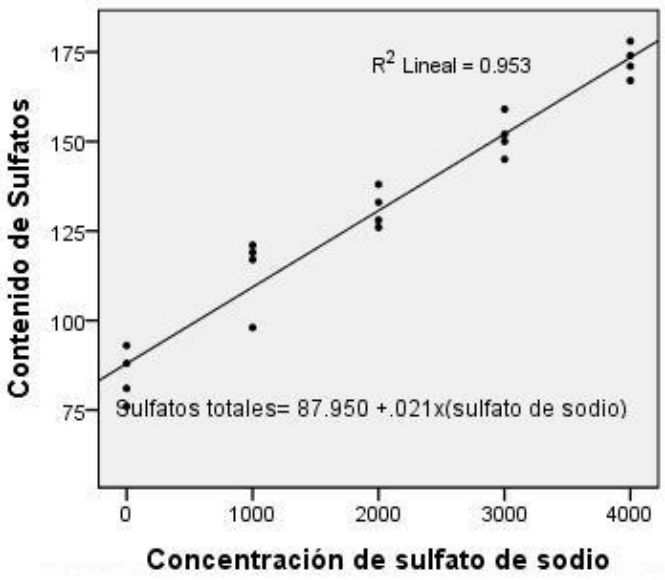


Figura 2. Relación entre el contenido de sulfatos de sodio y los tratamientos de salinidad en plántulas de nogal pecanero.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) México.

Bibliografía

APHA. 1992. Stanford Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public. Health Association, Washington, D.C.

Chaman, M.M. 2007. Variaciones en el contenido relativo de agua y la concentración de prolina en *Capsicum annuum L*. inducido por NaCl. Arnaldoa 14(2):251- 258

Fageria, N.K., V.C. Baligar, and Y.C. Li. 2008. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. J. Plant Nutr. 31: 1121–1157.

Fisher, H. J., y F. L. Hart. 1991. Análisis Moderno de los Alimentos, Ed. Acribia, España. Pp.504-530, 532-549.

Irigoyen, J. J., D.W. Emirich, and D.M.Sánchez.1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicargo sativa*) plants. Physiol. Plant. 84:55-60.

Jasso, I.R., S.N. Chávez, V.U. Figueroa, G.M. Rivera, y P.R. Sabori. 2008. Salinidad del agua del agua de Riego y su efecto en la productividad del nogal pecanero. XI Simposio Internacional de Nogal Pecanero. Pp. 35-44.

Karimi, S., R. Majid, M. Manoochehr, and T. Vahid. 2009. Effects of long-term Salinity on Growth and performance of Two Pistachio (*Pistacia* L.) Rootstocks. Aust. J. Basic Appl. Sci. 3(3): 1630-1639.

Khan, N.A., S. Syeed, A. Masood, R. Nazar, and N. Iqbal, 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mungbean and alleviates adverse effects of salinity stress. Int. J. Plant Biol. 1:1-8

Menguel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. International Potash Institute. Worblanufen-Bern, Switzerland. pp. 398.

Miyamoto, S. and M. Nesbitt. 2011. Effectiveness of soil Salinity Management Practices in Basic-irrigated Pecan Orchards. HorTecnology. 21:569-576.

Munns, R., R. James, y A. Lauchi. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot. 57(5):1025-1043

Parra, R., J.L. Rodríguez, y V.A. González. 1999. Transpiración, potencial hídrico y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. Terra Latinoamericana. 17: 125-130.

SIAP (2010). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Resumen de producción de nuez. (http://www.siap.gob).

Tajdoost, S., T. Farboodnia, and R. Heidari. 2007. Salt pretreatment enhance salt tolerance in *Zea mays* L. seedlings. Pak. J. Biol. Sci. 10(12):2086-2090.

Thompson, T.L. and J.L. Walworth. 2006. Salinity management and soil Amendments for southwestern pecan orchards. University of Arizona Cooperative Extension Publication AZ1411, University of Arizona, Tucson, AZ

DESARROLLO AGRONÓMICO DE PLANTAS DE MOSTAZA (Brassica juncea) CULTIVADAS SOBRE JALES MINEROS

Nadal Ruiz, P.1*; Fernández Alducín, A.B.1; Sato Grajedas, M1; Díaz Argueta, A.1; Aguirre Gómez, A.1**

[1]**Laboratorio de Análisis e Investigación en Química Agrícola y Ambiental (LAIQAA) de la Universidad Nacional Autónoma de México, Fac. de Estudios Superiores Cuautitlán. Cuautitlán Izcalli. Edo. de México (México).**
*Autor responsable: paloma.nadalruiz@gmail.com; Calle: Km 2.5 Carr. Cuautitlán-Teoloyucan, Col. San Sebastian Xhala, Cuautitlán Izcalli, Edo. Méx., CP 54713, México; Tel. +52(55)56231999 Ext 39435.** Investigador responsable de LAIQAA.

Resumen

Las actividades minero-metalúrgicas son una fuente conocida, histórica y actual, de contaminación ambiental por metales pesados. La fitorremediación utiliza las plantas para remover, reducir, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar estos contaminantes. Entre estas técnicas, la fitoextracción supone una solución para la eliminación de contaminantes que no pueden ser degradados, como es el caso de los metales pesados. En este aspecto deben considerarse dos factores importantes para que una planta sea un buen fitoextractor: su biomasa y su eficiencia de bioconcentración. Entre estas plantas, la *Brassica juncea* (localmente conocida como plantas de mostaza*),* que ha sido estudiada durante años, ha demostrado su capacidad para movilizar y acumular metales pesados en su parte aérea (fitoextracción). En este trabajo se evalúa la capacidad de desarrollo de *Brassica juncea* en tres jales de mina (Zimapán, Hidalgo) con distintos grados de oxidación-envejecimiento, y consecuentemente con valores distintos de pH. Los resultados obtenidos muestran como el crecimiento de la planta se ve seriamente limitado al ser cultivadas en jales excesivamente ácidos. Así mismo, la actividad fotosintética de la planta también se reduce con las elevadas concentraciones de metales biodisponibles en el suelo. Los resultados obtenidos en este trabajo muestran como estas limitaciones de desarrollo pueden mitigarse mediante la mezcla de los jales con suelo calizo de la propia mina, hecho que podría promover el crecimiento rápido y la alta acumulación de biomasa, característica importante en la fitorremediación.

Palabras clave: Brassica juncea; fitorremediación; jal

Introducción

La fitorremediación es una opción económica y ecológicamente apropiada en los procesos de descontaminación de suelos (Olson et al., 2008). Las plantas utilizadas en estos procesos actúan sobre el contaminante de diversas formas, absorbiéndolo y traslocándolo a sus tejidos superiores (fitoextracción), estabilizando el metal reteniéndolo en sus raíces (rizofiltración) o convirtiéndolo a una forma menos tóxica (fitoestabilización) (Olson et al., 2008).

Para que la fitoextracción sea adecuada, la planta empleada debe cumplir con ciertos rasgos: (i) capacidad de acumular el/los metal/es destinado/s a ser extraído/s, preferiblemente en las partes aéreas; (ii) tolerancia a altas concentraciones de metal en el suelos; (iii) crecimiento rápido y alta acumulación de biomasa; (iv) fáciles de cultivar y ser totalmente cosechables (Marchiol et al., 2004). Sin embargo, estas plantas hiperacumuladoras suelen ser selectivas para un metal particular (Baker et al., 1994), mientras que en los suelos contaminados por procesos antropogénicos, generalmente contienen una variedad de metales pesados (Mattina et al., 2003). Entre estas plantas capaces de acumular metales, *Brassica juncea* es una de las más estudiadas debido a la tolerancia que presenta ante muchos metales (Singh et al.,2007; Nouairi y Ammar, 2009; Bauddh y Singh, 2012; Sharma et al.,2010).

El objetivo principal de este trabajo es evaluar la capacidad de desarrollo y crecimiento de *B. juncea* en las distintas condiciones de ensayo.

Materiales y Métodos

Muestreo de jales y suelos

Los jales y suelos empleados en el proyecto se muestrearon en las minas “El Monte” y “Carrizal”, gestionadas por la empresa Cia. Minera Carrizal Mining y localizadas en el municipio de Zimapán, en el Estado de Hidalgo (México). Se trata de muestras con una elevada concentración de Cu, Pb y Zn consecuencia de la actividad de la mina. Las muestras colectadas para los estudios experimentales consistieron:

- Jales: El material desechado (jal) se encuentra dispuesto en 9 presas diferentes según la antigüedad de la deposición. Esto otorga a cada uno de los jales unas características propias de oxidación, así como de pH, que constituirá una variable en nuestro ensayo.
- Suelos: Las muestras de suelo se colectaron de los horizontes superficiales en las orillas del camino, aproximadamente a 1 Km de distancia de la entrada a las instalaciones de la mina.

En laboratorio, las muestras de jal y de suelo fueron extendidas sobre lonas y secadas al aire. Posteriormente las muestras se pulverizaron con mazo de madera y se tamizaron con malla de 2 mm. Tanto los jales como el suelo fueron caracterizados siguiendo la metodología indicada por la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000 y NOM-141-SEMARNAT-2003).

Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en un invernadero tipo túnel localizado en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 4 de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Material vegetal

La especie vegetal seleccionada para el ensayo es *Brassica Juncea L.* Esta especie se caracteriza por presentar un crecimiento rápido, produciendo una elevada cantidad de biomasa. Además, estudios previos han demostrado su capacidad para acumular y traslocar elevadas concentraciones de metales pesados.

Germinación y trasplante de la mostaza

La germinación de las semillas de *Brassica Juncea* se realizó en 7 semilleros con capacidad para 144 plántulas (2 semillas en cada cavidad), los cuales se rellenaron con *peat moss* y se regaron diariamente con cantidad suficiente para mantener el sustrato constantemente húmedo. Debajo de los semilleros se colocaron bandejas para mantener la humedad del sustrato. Los semilleros se colocaron en un lugar cálido e iluminado. A los 40 días se realizó el trasplante a 540 bolsas para maceta de polietileno, color negro, con capacidad para 1,5 Kg aproximadamente. Cada una de estas bolsas se rellenaron con distintas mezclas jal:suelo y que se describen más adelante.

Preparación de las macetas

Durante el tiempo de germinación de las plantas se prepararon las macetas donde posteriormente serían trasplantadas. Como ya hemos comentado se emplearon 3 jales con distintas características de pH y un suelo muestreado en la propia mina.

Para el estudio se realizaron distintas mezclas jal:suelo:

- 100% suelo
- 75% suelo + 25% jal
- 50% suelo + 50% jal
- 25% suelo + 75% jal
- 100% jal

Se prepararon 5 repeticiones para cada una de las mezclas y jales.

Monitoreo de parámetros agronómicos

Durante el desarrollo del experimento se monitorearon semanalmente diversos parámetros agronómicos:

- Número de hojas: La determinación se realizó contando el número de hojas de cada planta.
- Altura de planta: Las mediciones se realizaron con un flexómetro, tomando la distancia desde el suelo hasta el final de la hoja más larga.

- Largo y ancho máximo de hoja: Las mediciones se realizaron con un flexómetro. El largo de la hoja es medido desde la base hasta la punta y el ancho de extremo a extremo en la parte más ancha de la hoja. Las mediciones se realizaron en las hojas más desarrolladas.
- Medición de clorofila: Se utilizó un medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Konica Minolta). Se determinó la media de la medida de todas las hojas de la planta.

Resultados y Discusión

Como ya se comentó, los jales fueron muestreados en distintas presas de la mina, clasificados según su fecha de deposición. El pH de dichas muestras va a determinar su grado de oxidación y la capacidad de la planta para desarrollarse. En el cuadro 1, se muestra el pH del suelo y de las distintas mezclas jal:suelo empleadas en el ensayo.

Cuadro 1: pH de las distintas mezclas empleadas en el ensayo.

	100%	75%	50%	25%
SUELO	7,07			
JAL 1	6,66	6,94	7,18	7,20
JAL 2	7,44	7,31	7,24	7,14
JAL 3	2,31	2,76	2,80	3,40

En la Figura 1 se muestran los resultados de altura de planta obtenidos 25, 56 y 84 días después del trasplante.

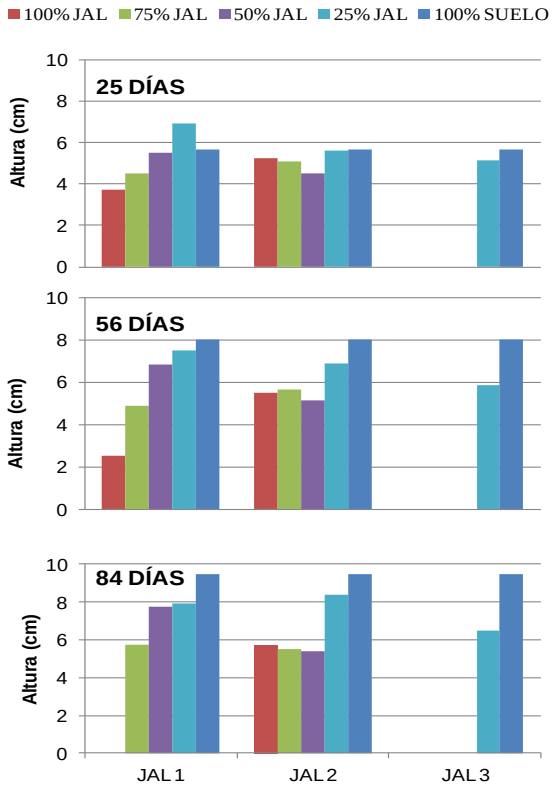


Figura 1. Altura de las plantas 25, 56 y 84 días después del trasplante para cada una de las mezclas de suelo:jal

Se observa como las condiciones obtenidas con altas dosis de jal 3 (jal ácido) no son aptas para el desarrollo de las plantas de mostaza, lo que requerirá previo a los experimentos de aplicar una práctica de encalado agrícola, con $Ca(OH)_2$. Sin embargo, a bajas concentraciones (25% jal), las condiciones de acidez no son tan extremas, lo que permite un mayor crecimiento. A los 84 días después del trasplante, se observa como las plantas con altas dosis de jal 2 (jal neutro), no siguieron desarrollándose, paralizando su crecimiento. Sin embrago a bajas dosis (25% jal) alcanzaron un desarrollo similar a aquellas que crecieron en 100% suelo. Las plantas cultivadas en el jal 1 (jal ligeramente ácido), fueron las que mostraron un mayor crecimiento, a excepción de aquellas que se trasplantaron a macetas con 100% jal.

Otro parámetro relativo al crecimiento de la planta es la determinación del tamaño de hoja. En la Figura 2 se observa el alto de hoja a los 25, 56 y 84 días después del trasplante.

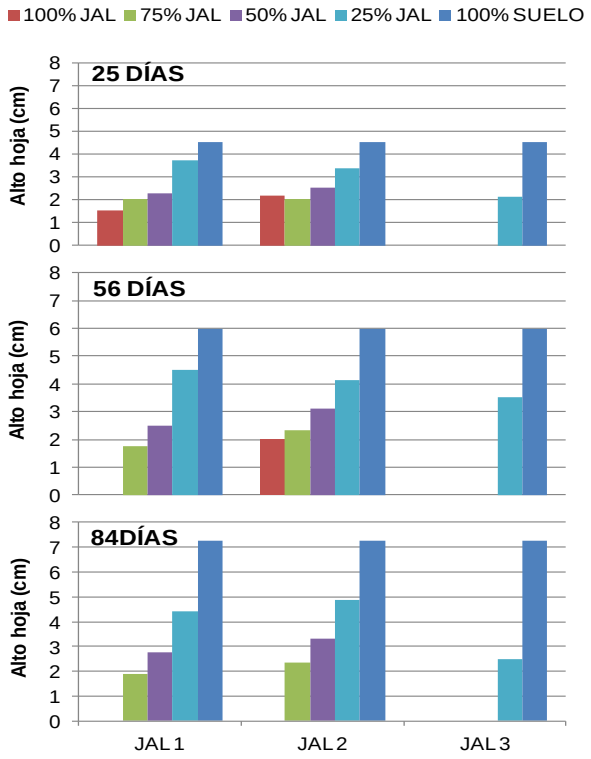


Figura 2. Altura de hoja de las plantas 25, 56 y 84 días después del trasplante para cada una de las mezclas de suelo:jal.

Se puede observar como el tamaño de la hoja se ve seriamente afectado al ser cultivadas sobre jales, especialmente cuando este presenta elevada acidez. Lo mismo se observa con los datos de ancho de hoja (datos no mostrados).

Los resultados coinciden con los de otros trabajos en los que ya observaron como la biomasa de *B. juncea* decrece considerablemente ante altas dosis de Cu y Zn (Ebbs y Kochian, 1997), lo cual sin duda una vez más, apunta hacía el mejoramiento agrícola de los jales, mediante prácticas agrícolas de encalado, abonado y fertilización, para incrementar el potencial de crecimiento y de fitoextracción de metales por la planta seleccionada.

La medición de la clorofila se realizó con un medidor portátil de clorofila SPAD-502 (Konica Minolta) (Figura 3). Se observa como el nivel de SPAD decrece según aumenta la proporción de jal presente en las mezclas. Ebbs y Uchil (2008), ya observaron como plantas de *B. juncea* presenta síntomas de clorosis al ser cultivadas en suelos con elevadas concentraciones de metales como el

Zn. Con estos resultados se corroboran los resultados anteriores, que ya mostraron un adecuado desarrollo de la planta con bajas proporciones de jal 1 y jal 2.

Los resultados obtenido mostraron que las plantas de *Brassica juncea* cultivadas en suelo contaminado toleraron la presencia de metales pesados, aunque existen señales de desequilibrio fisiológico y la reducción de crecimiento de la biomasa.

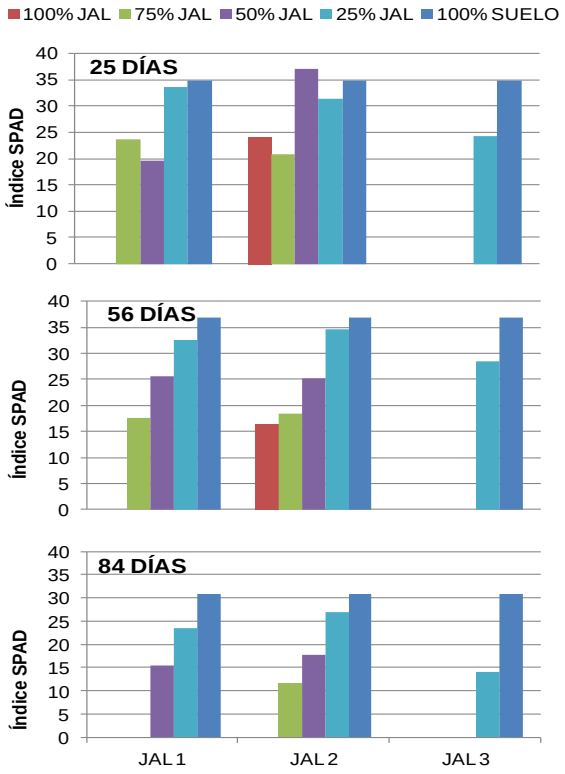


Figura 3. Indice SPAD de las plantas 25, 56 y 84 días después del trasplante para cada una de las mezclas de suelo:jal

Conclusiones

La capacidad de absorción y acumulación de metales por *Brassica Juncea* (L.) cultivadas sobre jales de mina ha sido ampliamente estudiada (Clemente, 2005; Wu, 2006) demostrando su tolerancia. Sin embargo, en las condiciones de estudio se ha observado como el crecimiento y capacidad de fotosíntesis de *B. juncea* en suelos con elevada concentración de contaminantes y alta acidez se ve seriamente afectada. Este hecho puede deberse a la sustitución del Mg de la clorofila por Hg, Cu, Cd, Ni, Zn y Pb dando lugar a una ruptura en el proceso de fotosíntesis (Kupper et al., 1999). Los resultados obtenidos muestran como la presencia de metales biodisponibles, exacerbada por los bajos valores de pH, tuvo una influencia severa en el crecimiento de la planta, y por lo tanto en la eficiencia de la fitoextracción debido a los efectos aditivos sobre el metabolismo de la planta. Por lo tanto, podría considerarse, a espera de los resultados de absorción y acumulación de metales en planta, que *B. juncea* podría funcionar solo en el caso de suelos ligeramente contaminados.

A la vista de los resultados, podría señalarse el papel que podría tener la fertilidad del suelo en el futuro de la fitorremediación, facilitando el potencial de fitoextracción de plantas acumuladoras como *B. juncea* (Lasat, 2002; Li et al., 2003).

Agradecimientos

Paloma Nadal pertenece al Programa de Becas Posdoctorales (2013/2014) otorgada por la Secretaría General Dirección General de Asuntos del Personal Académico (Universidad Nacional Autónoma de México). A la Cátedra de Investigación (PACIVE # CONS-22) LAIQAA de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM.

Bibliografía

Baker, A.J.M., S.P. McGrath, C.M.D. Sidoli and R.D. Reeves. 1994, The possibility of in situ heavy metals decontamination of polluted soils using crops of metal-accumulating plants, Resour. Conserv. Recycling. 11, 41-49.

Bauddh, K. and R.P. Singh. 2012. Cadmium tolerance and its phytoremediation by two oil yielding plants *Ricinus communis (L.)* and *Brassica juncea (L.)* from the contaminated soil. Int . J. Phytorem. 14: 772-785.

Clemente, R., D.J. Walker, M.P. Bernal. 2005. Uptake of heavy metals and As by *Brassica juncea* grown in a contaminated soil in Aznalcollar (Spain): the effect of soil amendments. Environ. Pollut. 138: 46-58.

Ebbs S.D. and S. Uchil. 2008. Cadmium and zinc induced chlorosis in Indian mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern] involves preferential loss of chlorophyll b. Photosynthetica. 46: 49-55.

Ebbs, S.D. and L.V. Kochian. 1997. Toxicity of zinc and copper to Brassica species: Implications for phytoremediation. J. Environ. Quality. 26: 776-781.

Kumar, P.B.A.N., V. Dushenkov, H. Mottott and I. Raskin. 1995. Phyto-extraction: The use of plants to remove heavy metal from soils. Environ. Sci. Tech. 29: 1232-1238.

Kupper, H., F.J. Zhao and S. McGrath. 1999. Cellular compartmentation of zinc in leaves of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. Plant Physiol. 119: 305-311.

Lasat, M.M., 2002. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. J. Environ. Quality. 31: 109-120.

Li, Y.M., R. Chaney, E. Brewer, R. Roseberg, J.S. Angle, A.J.M. Baker, R. Reeves and J. Nelkin. 2003. Development of a technology for commercial phytoextraction of nickel: economic and technical considerations. Plant Soil. 249: 107-115.

Marchiol L., S. Assolari, P. Sacco, G. Zerbi. 2004. Phytoextraction of heavy metals by Canola (*Brassica napus*) and radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. J. Environ. Pollut. 132: 21-2.7

Mattina M.J.I., W. Lannucci-Berger, C. Musante J.C. White. 2003, Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil. Environ. Pollut. 124: 375–378.

Nouairi, I. and W. Ammar. 2009.Antioxidant defense system in leaves of Indian mustard (*Brassica juncea*) and Rape(*Brassica napus*) under cadmiums tress. Acta. Physiol. Plant. 31: 237-247.

Olson P.E., A. Castro, M. Joern, N.M. DuTeau, E. Pilon-Smits, K.F. Reardon. 2008. Effects of agronomic practices on phytoremediation of an aged PAH-contaminated soil. J. Environ. Qual. 37 (2008), pp. 1439–1446

SEMARNAT 2000. NOM-021-SEMARNAT-2000 Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación. México 2002.

SEMARNAT, 2003. NOM-141-SEMARNAT-2003. Que establece los requisitos para la caracterización del sitio, proyecto, construcción, operación y postoperación de presas de jales. Diario Oficial de la Federación. México 2003.

Sharma, A., M. Sainger, S. Dwivedi, S. Srivastva, R.D. Tripathi and R.P. Singh. 2010. Genotype variation *in Brassica juncea L*., Czern.Cultivars and growth, nitrate assimilation, antioxidants response and phytoremediation potential during cadmium stress. J. Environ. Biol. 31: 773-780.

Singh, R.P., H.B. Singh, A. Sharma, S.M.H. Rizvi and P.K. Jaiwal. 2007. Phytoremediation of heavy metals using Indian mustard. Brassica. 3: 33-41.

Wu S.C., K.C. Cheung, Y.M. Luo and M.H. Wong. 2006. Effects of inoculation of plant growth-promoting rhizobacteria on metal uptake by *Brassica juncea*. Environ. Pollut. 140: 124-135.

DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO Y METALES PESADOS EN SEDIMENTOS DEL RÍO NAZAS

Urbina Martínez, M. A.1,3*; Luna Anguiano J.1; González Betancourt, M. de L.2; Rangel Carrillo,N. L.3; Rivera González, M. de J.

[1] Alumno del Doctorado Institucional en Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad Juárez del Estado de Durango
[2] Alumno de maestria en suelos delInstituto Tecnologico Agropecuario #10
[3] Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.
*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 realizo 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 observo la presencia de plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), cadmio (Cd), nitratos (NO_3) y materia orgánica. Se determino que el metal encontrado en mayor concentración es el zinc, la más alta se presento 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

Introduccion

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 bacterial 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 km^2. 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 “Lázaro 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 Metodos

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 2012 (Etapa I) y la de agosto del 2012 (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´ 254´´ 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 utilizo 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 ºC 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 Discucion

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 oxigeno 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	Coeficiente de correlación (r^2)	Pares de variables	Coeficiente 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.

Bibliografia

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).

CONTAMINACIÓN DE SUELO Y AGUA A CONSECUENCIA DEL DESARROLLO INDUSTRIAL EN EL NORTE DE SONORA, MÉXICO

Villalba Atondo, A. I.1*; Gómez Álvarez, A.2; del Castillo Alarcón, J. M.1; Solís Garza, G.1

[1]Departamento de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Universidad de Sonora, México.
[2]Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia, Universidad de Sonora. Blvd. Luis Encinas y calle Rosales s/n, Col. Centro. CP 83000, Hermosillo, Sonora, México.

*Autor responsable: villalba@guayacan.uson.mx. Blvd. Colosio s/n, entre Sahuaripa y Reforma, Col. Centro. CP 83000, Hermosillo, Sonora, México.

RESUMEN

El estudio consistió en evaluar la contaminación en el Río Agua Prieta, Sonora, México, desde un punto previo a su unión con las descargas de las lagunas de oxidación de la ciudad de Agua Prieta, la empresa Alstyle y la Termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad, hasta los suelos de las parcelas forrajeras irrigadas con su agua, mismos que se encuentran aguas abajo de dichas descargas. Se colectaron cinco muestras de agua y tres de suelo. Los parámetros estudiados fueron: temperatura, conductividad eléctrica, pH, oxígeno disuelto, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo, zinc, cromo, níquel, cianuro, demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno, los cuales se cuantificaron con base a metodologías recomendadas por instituciones y las normas oficiales mexicanas. Se observó que las aguas del Río Agua Prieta provenientes de la ciudad están contaminando el ecosistema con sales minerales disueltas. La descarga de la empresa Alstyle contamina el medio ambiente por sales solubles (sodio, potasio, calcio, magnesio, níquel, carbonatos, sulfatos); mientras que la descarga de la Termoeléctrica contamina moderadamente con sales de arsénico, cadmio y níquel. El agua de descarga de las lagunas de oxidación contamina el ecosistema con cadmio y níquel.

Palabras clave: Río Agua Prieta; suelos y agua; contaminación

INTRODUCCIÓN

En los últimos años las actividades mineras, industriales y urbanas han experimentado un desarrollo muy notorio, lo cual ha causado que, en numerosos casos, se afecte seriamente la calidad del agua y sedimento de algunos sistemas acuáticos, por ejemplo, ríos y lagos. Lo anterior se debe principalmente a la liberación de agua alterada de minas activas y abandonadas, e industria maquiladora, con altos niveles de metales pesados (Branco-Murgel, 1984). El Río Agua Prieta, Sonora, es transfronterizo y se considera la principal fuente de abastecimiento de agua para las actividades industriales, agrícolas y ganaderas que se desarrollan a lo largo de su cauce en el Ejido Agua Prieta.

Además de ser un deteriorado hábitat y un potencial componente importante de contaminación a los mantos freáticos, el río es la única fuente de abastecimiento para consumo humano en la ciudad de Agua Prieta. Por lo anteriormente expuesto, la presente investigación tiene como objetivo realizar la evaluación de la calidad de agua superficial y suelo agrícola del Río Agua Prieta, desde una ubicación previa a su unión con las descargas de las lagunas de oxidación, de la empresa Alstyle y de la Central Termoeléctrica, hasta las parcelas agrícolas forrajeras irrigadas con su agua y que se encuentran aguas debajo de dichas descargas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los procedimientos para la colecta de las muestras y los métodos de garantía de calidad que se describen en esta sección fueron obtenidos del Manual de Métodos de Análisis (CNA, 1995) y del Manual de Aseguramiento de Calidad (CNA, 1993). Asimismo, se revisaron y tomaron en cuenta los métodos recomendados en el Manual de Campo para el Muestreo de la Calidad del Agua (ADEQ/WRRC, 1995). Para la ubicación geográfica de los puntos de muestreo se utilizó un GPS Garmin Etrex Vista H Datum WGS84. Los parámetros físico-químicos y métodos, son los siguientes:

a) Parámetros de campo: temperatura, potencial de Hidrógeno (pH), conductividad eléctrica y oxígeno disuelto.

b) Análisis químico en agua superficial: arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc.

c) Análisis químico en suelo: arsénico, cadmio, cianuro, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, plomo, zinc, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales (SDT).

d) Análisis de metales en agua y suelo: Se utilizó la técnica de Espectroscopia de Absorción Atómica por Flama, utilizando un equipo Perkin-Elmer, Modelo 3110. Para el caso particular del arsénico se empleó la técnica de espectroscopia de absorción atómica por generador de hidruros.

e) Para la medición de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO) y cianuro (CN), se utilizaron los métodos 8043-Hach, 8000-Hach y 8027-Hach, respectivamente.

.

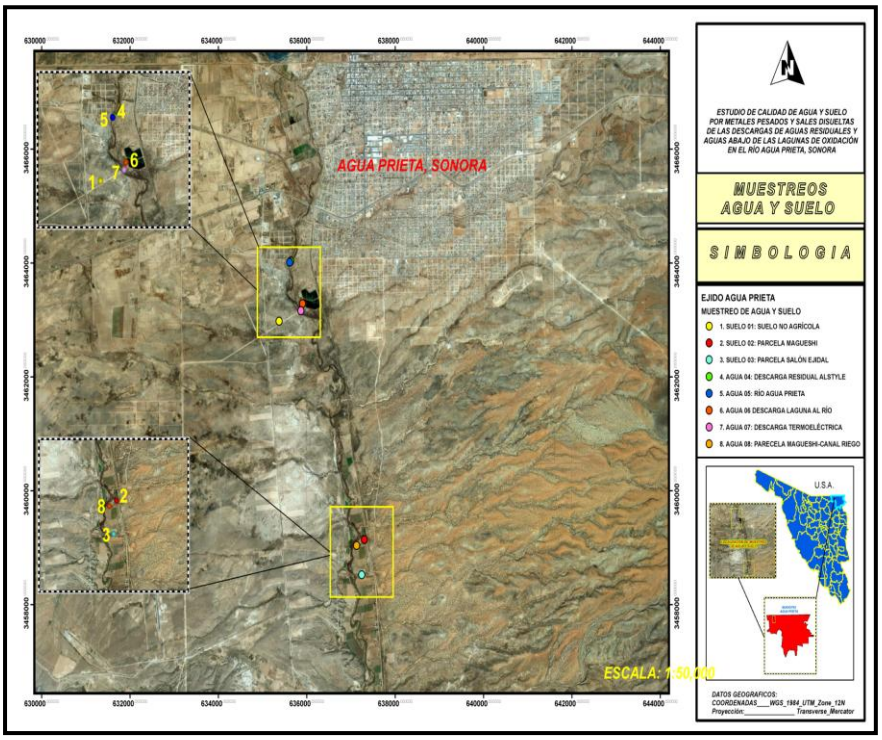


Figura 1.Localización del área de estudio y ubicación de los puntos de muestreo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En agua, la temperatura osciló de 16 a 20 °C. pH de 8,23 a 9,93. Oxígeno disuelto de 0,6 a 7,2 mg/L. DBO_5 de 270 a 343 mg/L. DQO de 210 a 466 mg/L. Cianuro menor a 0,002 mg/L. Conductividad eléctrica (CE) de 2,12 a 17,50 ms/cm (Cuadro 1). Arsénico de 0,02 a 0,18 mg/L. Cadmio de ND (no disponible) a 0,08 mg/L. Cromo en ND. Cobre de ND a 0,08 mg/L. Hierro de ND

a 6,2 mg/L. Manganeso en ND. Níquel de ND a 1,16. Plomo de ND a 0,18 mg/L y zinc de ND a 0,82 mg/L (Cuadro 3). En suelo, la CE osciló en 0,70 a 7,33 dS/m (Cuadro 2). Arsénico de 13,74 a 15,05 ppm. Cadmio de 1,99 a 9,99 ppm. Cromo de 9,99 a 15,99 ppm. Cobre de 25,99 a 2,03 ppm. Hierro de 5795,36 a 8898 ppm. Manganeso de 69,94 a 357.86 ppm. Níquel de 51,98 a 77,98 ppm. Plomo de 18,97 a 100,6 ppm y zinc de 23,98 a 73,98 ppm (Cuadro 4).

El pH cumple con lo establecido en norma correspondiente; sin embargo, se observa que en todos los casos es de condición alcalina, principalmente en el punto de muestreo 4 (descarga de aguas residuales de la empresa maquiladora Alstyle).

Cuadro I**.** Parámetros físico químicos analizados en el agua residual del Ejido Agua Prieta, Sonora.

Muestra	Temperatura °C	C.E. mS/cm	pH	O.D. (mg/L)	DBO_5 mg/L	DQO mg/L	Cianuro mg/L
4A	38	17,50	9,93	7,2	343	420	<0,002
4B	38	17,25			328	466	<0,002
5	16	2,12	8,10	2,1	288	318	<0,002
6	18	3,79	8,23	0,6	290	312	<0,002
7	20	9,69	8,49	1,5	270	290	<0.002
8	18	4,25	8,83	1,8	188	210	<0,002
NOM	N.C	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	200	3,0
CE	N.C	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.	N.C	0,02

N.C. = No Contemplado
NOM-001-SEMARNAT-1996 (uso agrícola).
Criterios Ecológicos de Calidad de Agua (CE-CCA-001/89) (Uso agrícola)

Cuadro 2. Valores de pH, conductividad eléctrica y cianuro analizados en el suelo del Ejido Agua Prieta, Sonora.

Muestra	pH	C.E. mS/cm	Cianuro
1	8,08	0,70	<0,002
2A	8,10	7,29	<0,002
2B	8,07	7,26	-----
3	8,82	7,33	<0,002

El estudio de oxígeno disuelto es de gran importancia, debido a que la contaminación del agua a través de la descarga de desechos orgánicos producidos por las actividades domésticas e industriales, pueden reducir el contenido de oxígeno disuelto de los cuerpos de agua (Branco-Murgel, 1984). La NOM-001-SEMARNAT-1996, no indica valores permisibles para DQO, sin embargo se encontró que el punto 4 (descarga de Alstyle) es la muestra de agua que demanda más oxígeno desde el punto de vista químico, con 466 mg/L, lo cual puede deberse a la carga de contaminantes químicos (orgánicos e inorgánicos) analizados en este punto.

Las normas y criterios utilizados en el presente estudio no contemplan valores máximos permisibles para conductividad eléctrica; sin embargo, a partir de la conductividad eléctrica se pueden calcular los sólidos disueltos totales (SDT), que es la cantidad de sales minerales en mg/L que existe en el agua. Se encontró que el punto de muestreo 4 (descarga de la empresa Alstyle), descarga la mayor cantidad de sales (11200 mg/L), clasificándose como altamente salina.

En el suelo se reportan valores de salinidad de alto riesgo y son los que están causando signos de deterioro en las parcelas de cultivo del Ejido Agua Prieta. Diferentes estudios señalan que una exposición a largo plazo de arsénico causa lesiones características en la piel, principalmente en el tronco y extremidades, o la aparición de manchas de pigmentación en la piel, así como cáncer de piel, vejiga o riñón (Aragonés-Sanz et al, 2001).

Cuadro 3. Valores de concentración de metales (mg/L) analizados en aguas residuales del Ejido Agua Prieta, Sonora.

Muestra	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
4A	0,08	N.D.	N.D.	0,08	0,40	N.D.	1,0	N.D.	0,08
4B	0,09	N.D.	N.D.	0,08	0,40	N.D.	1,16	N.D.	0,08
5	0,02	N.D.	N.D.	N.D.	0,22	N.D.	0,20	N.D.	N.D.
6	0,03	0,02	N.D.	0,02	0,10	N.D.	0,32	N.D.	0,02
7	0,18	0,08	N.D.	0,06	6,2	N.D.	0,74	0,18	0,82
8	0,04	0,02	N.D.	0,02	0,62	N.D.	0,40	N.D.	0,06
BV	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
BC	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
CE (agrícola)	0,1	0,01	1,0	0,2	5,0	N.C.	0,2	5,0	2,0
CE (pecuario)	0,2	0,02	1,0	0,5	N.C.	N.C.	1,0	0,1	50
NOM (agrícola)	0,4	0,4	1,0	6,0	N.C.	N.C.	4,0	1,0	20

N.D. = No Disponible; N.C. = No Contemplado
CE-CCA-001/89 (uso agrícola)
CE-CCA-001/89 (uso pecuario)
NOM-001-SEMARNAT-1996 (uso agrícola).

La ingestión de dosis excesivamente altas de cobre por el humano puede conducir a irritación y afectación severa, daño hepático y renal, e irritación del sistema nervioso central seguido por depresión (WHO, 1984).

Cuadro 4. Valores de concentración de metales (ppm) determinados en suelos, Ejido Agua Prieta, Sonora.

Muestra	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
1	15,05	9,99	9,99	203,96	5798,84	155,97	77,98	100,6	73,98
2A	15,57	3,99	15,99	27,99	8896,44	357,86	51,98	18,97	41,98
2B	15,25	3,99	15,99	27,98	8195,08	357,78	73,95	18,99	39,97
3	13,74	1,99	13,99	25,98	5795,36	69,94	43,96	18,98	23,98

Actualmente no existe contaminación acumulada de cromo al compararse los datos determinados con los valores reportados por Villalba-Atondo y Gómez-Álvarez (2011). Connell y Miller (1984), reportaron que las aguas de desechos municipales y domésticas contribuyen con cantidades significativas de cromo hacia el medio ambiente acuático.

Los contenidos de hierro en la descarga de la termoeléctrica supera la NOM-001-SEMARNAT-1996, para uso agrícola, misma que indica como referencia máxima permisible un valor de 5,0 mg/L. La carencia de manganeso en el organismo puede generar lento crecimiento de uñas y cabellos, despigmentación del pelo, mala formación de huesos y puede disminuir la tolerancia a la glucosa o capacidad de eliminar excesos de azúcar en sangre (WHO, 1984).

Los valores de níquel encontrados en agua superan los valores máximos permisibles de los Criterios de Calidad de Agua para uso agrícola y pecuario (Cuadro 3). Esto significa que las aguas residuales (domésticas e industriales) que provienen de la Ciudad de Agua Prieta y las industrias, que son descargadas sin tratar en el Río Agua Prieta, pueden ser una fuente potencial de este metal. En todas las muestras de agua los valores de plomo fueron no detectables, excepto en el punto 7 (descarga de la Termoeléctrica), donde se obtuvo un valor de 0,18 mg/L, sin que éste supere el valor permisible en las normas de referencia. La importancia del Pb en las aguas naturales consiste en que se trata de un elemento tóxico y no esencial para los seres vivos (Vásquez-Botello y Páez-Osuna, 1986). Las muestras de agua no reportan valores de zinc que superen la norma

correspondiente. Estos resultados son similares a los reportados por Villalba-Atondoy Gómez-Álvarez (2011). La importancia del Zn radica en que es un elemento esencial para el hombre y para los animales, toda vez que es necesario para el funcionamiento de varios sistemas enzimáticos (WHO, 1984). Una vez analizados los resultados de los metales estudiados, se puede considerar que en el agua no existe contaminación por estos elementos. En suelo llama la atención que la muestra 1 (muestra blanco), tomada en un punto de no irrigación agrícola, adquiere concentraciones mayores que las muestras 2 (parcela Magueshi) y 3 (parcela Salón Ejidal), lo cual puede deberse al tiempo (varias décadas) en que existió la actividad minera en Douglas, Arizona, con la presencia y efectos de las chimeneas instaladas en las infraestructuras de fundición.

Conclusiones

Las aguas del Río Agua Prieta, provenientes de la ciudad, están contaminando el medio con sólidos disueltos totales y ligeramente con Ni. Las aguas de descarga de la empresa Alstyle están contaminando severamente las aguas del ecosistema con sólidos disueltos totales, y por Ni. Las aguas de descarga de la Termoeléctrica está contaminando moderadamente el ecosistema con sólidos disueltos totales y As. Así mismo el Cd de esta descarga supera el valor para uso agrícola y pecuario. Las aguas de descarga de las lagunas de oxidación están medianamente contaminando las aguas del Río Agua Prieta con sólidos disueltos totales, Cd y Ni. Las aguas con que son irrigados los suelos de uso agrícola del Ejido Agua Prieta, se encuentran contaminadas por sólidos disueltos totales, Cd y Ni. Existe una tendencia a encontrar metales con mayor concentración en suelo no agrícola que en suelo irrigado por el agua del Río Agua Prieta, lo cual es atribuible a la contaminación por varias décadas de la chimenea de fundición, que en su momento se localizaba en los procesos metalúrgicos del industrial minero localizado en Douglas, Arizona.

Los valores determinados para los metales y el cianuro evaluados en este trabajo son similares a los valores reportados por Villalba y Gómez (2011), hace 11 años, no así para los sólidos disuelto totales, que en algunos puntos muestran actualmente una relación mayor a 1:3 (reporte previo : reporte actual).

Bibliografía

ADEQ/WRRC (Arizona Department of Environmental Quality/Arizona Water Resources Research Center), 1995. Manual de campo para el muestreo de la calidad del agua. Manual Bilingüe. Segunda Edición.

Aragonez-Sanz, N., Palacios-Diez, M., Abelló-Miguel, A., Gómez-Rodríguez, P., Martínez-Cortés, M., y Rodríguez-Bernabeu, M., 2001. Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterránea en la comunidad de Madrid. Revista Española de Salud Pública. 5(005):421-432.

Branco-Murgel, M.S. 1984. Limnología sanitaria. Estudio de la polución de aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnol, Washington, DC.

CNA (Comisión Nacional del Agua), 1993. Manual de Aseguramiento de Calidad. Subdirección General de Administración. Programa de Aseguramiento de la Calidad. México, D.F.

CNA (Comisión Nacional del Agua), 1995. Manual de Métodos de Análisis. Subdirección General Técnica. Subgerencia de Laboratorios y Monitoreo. México, D.F.

Connell, W.D. y Miller, J.G. 1984. Chemistry and Ecotoxicology of Pollution. John Willey & Sons. New York, U.S.A.

NOM-001-SEMARNAT, 1996. Norma Oficial Mexicana, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

NOM-021-RECNAT, 2000. Norma Oficial Mexicana, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. México, D.F.

S.E.D.U.E. (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología), 1989. Acuerdo por el que se establecen los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua CE- CCA-001/89. Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1989. Tomo CDXXX, No. 9. México, D.F.

Vásquez-Botello, A. y Páez-Osuna, F. 1986. El problema crucial: la contaminación. Serie Medio Ambiente en Coatzacoalcos. Centro de Ecodesarrollo. México, D. F.

Villalba-Atondo A.I. y Gómez- Alvarez A. 2011. Calidad del agua en la región Noreste del Estado de Sonora, México. Primera Edición. Editorial Académica Española. Madrid, España.

WHO (World Health Organization), 1984. Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 2. World Health Organization, Belgium.

XXXVIII Congreso Nacional
de la Ciencia del Suelo
"Suelo sano para la seguridad alimentaria y mejor calidad de vida"
Conferencias Magistrales, Cursos, Talleres,
Simposia, Difusión, Vinculación
Organizan: SMCS-CIBNOR-UABCS
24 al 29
de noviembre, 2013
Lugar:
La Paz, Baja California Sur
sede: Hotel Araiza Palmira
Contacto:
http://www.smcs.org.mx/
smcs-congreso2013@cibnor.mx
Tel.:(612) 123 8484 ext. 3130
CONACYT
inifap